

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004年1月29日 (29.01.2004)

PCT

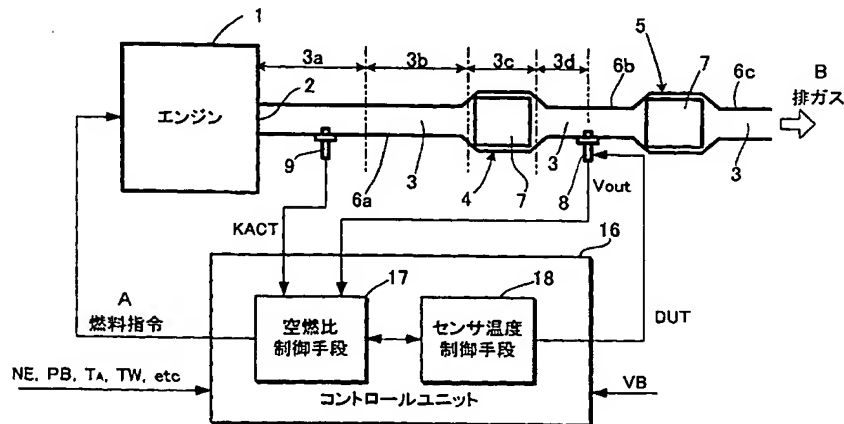
(10) 国際公開番号
WO 2004/010129 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G01N 27/409, 27/419, 27/41, F02D 41/14
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/003956
- (22) 国際出願日: 2003年3月28日 (28.03.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-212891 2002年7月22日 (22.07.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 本田技研工業株式会社 (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒107-8556 東京都港区南青山二丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 安井 裕司 (YA-SUI, Yuji) [JP/JP]; 〒351-0193 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP).
岩城 喜久 (IWAKI, Yoshihisa) [JP/JP]; 〒351-0193 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 佐藤 辰彦, 外 (SATO, Tatsuhiko et al.); 〒151-0053 東京都渋谷区代々木2-1-1 新宿マインズタワー16階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: TEMPERATURE CONTROLLER FOR EXHAUST GAS SENSOR, ITS TEMPERATURE CONTROL METHOD, AND MEDIUM ON WHICH PROGRAM FOR TEMPERATURE CONTROL OF EXHAUST GAS SENSOR IS RECORDED

(54) 発明の名称: 排ガスセンサの温度制御装置およびその温度制御方法、並びに排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体



1...ENGINE
A...FUEL COMMAND
17...AIR-FUEL RATIO CONTROL MEANS
18...SENSOR TEMPERATURE CONTROL METHOD
16...CONTROL UNIT
B...EXHAUST GAS

(57) Abstract: A control input (DUT) for controlling a heater (13) for heating an element part (10) of an exhaust gas sensor (8) includes at least one of another component corresponding to the difference between the temperature data on the element part (10) and the target temperature, a component corresponding to the target temperature, and a component corresponding the temperature data on the element part (10). The control input is

[続葉有]



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

determined by an optimal control algorithm. The component corresponding to the temperature of the exhaust gas and the component corresponding the target component are determined by a preview control algorithm. In such a way, the temperature of the element part (10) of the exhaust gas sensor (8) can be stably controlled at a desired one.

(57) 要約:

排ガスセンサ(8)の素子部(10)を加熱するヒータ(13)を操作するための制御入力(DUT)に、素子部(10)の温度データと目標温度との偏差に応じた他の成分、目標温度に応じた成分、素子部(10)の温度データに応じた成分のうちの少なくとも一つ以上の成分を含める。制御入力は、最適制御アルゴリズムにより求める。排ガスの温度に応じた成分と目標温度に応じた成分は、予見制御のアルゴリズムに基づいて求める。これにより、排ガスセンサ(8)の素子部(10)の温度を安定して所望の温度に制御する。

明 細 書

排ガスセンサの温度制御装置およびその温度制御方法、並びに排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体

技術分野

- 5 本発明は、内燃機関の排気通路に備えた排ガスセンサの温度制御装置およびその温度制御方法、並びに排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体に関する。

背景技術

- 10 内燃機関の排気通路には、内燃機関の運転制御や排ガス浄化システムの状態監視等を目的として、排ガスの成分濃度等、排ガスの成分状態に関する物理量を検出する排ガスセンサが備えられることが多々ある。該排ガスセンサは、検出しようとする排ガスの成分状態に感応する素子部が排気通路を流れる排ガスに接触するようにして該排気通路の所要の箇所
15 所に配置される。例えば排気通路に備えた排ガス浄化用の触媒の浄化性能を良好に保つように内燃機関の空燃比を制御することを目的として、 O_2 センサ等の空燃比センサが触媒の上流側や下流側に配置される。

- また、この種の排ガスセンサは、その素子部の本来の機能を発揮させるための昇温・活性化や、素子部に付着した異物の除去等を目的として
20 該素子部を加熱するためのヒータを内蔵したものもある。例えば、前記 O_2 センサ等の空燃比センサには、通常、その素子部を加熱する電熱ヒータが備えられ、内燃機関の運転開始後、該電熱ヒータにより O_2 センサの素子部を昇温して活性化し、その活性状態に維持することが行われている。

ところで、前記 O_2 センサは、後に説明する図3に示すように、その素子部が感応する排ガスの酸素濃度が表す排ガスの空燃比の極めて狭い範囲 Δ （理論空燃比近傍の範囲）においてのみ、該空燃比の変化に対して出力電圧 V_{out} が大きな傾きで変化する（空燃比の変化に対する感度5が高感度なものとなる）。そして、その高感度な範囲 Δ よりもリッチ側の空燃比域とリーン側の空燃比域とでは、 O_2 センサの出力電圧 V_{out} の変化（空燃比に対する傾き）は微小なものとなる。また、 O_2 センサの出力特性（上記の高感度な部分の傾き等）は、素子部の温度の影響を受けて変化する。従って、このような O_2 センサの出力を用いて空燃比10制御を行うような場合には、 O_2 センサの出力特性をできるだけ所要の特性に安定して維持し、ひいては空燃比制御を良好に行うために、 O_2 センサの素子部の温度をできるだけ安定に所望の温度に維持することが望まれる。

また、 O_2 センサに限らず、多くの排ガスセンサは、その出力特性が15素子部の温度の影響を受けるため、該排ガスセンサの出力を用いて内燃機関等の制御を行う場合、その制御を良好に行うために、該排ガスセンサの素子部の温度を所望の温度にできるだけ安定に維持することが好ましい。さらに、排ガスセンサの素子部のクリーニングを行うために該素子部をヒータで加熱するような場合であっても、そのクリーニングを良20好に行うためには、該排ガスセンサの素子部の温度を所望の温度に維持することが好ましい。

一方、例えば特開 2000-304721 号公報に本願出願人が開示したように、排ガスセンサ（同公報のものでは空燃比センサ）の素子部の温度を推定し、その推定した素子部の温度に応じてヒータ（電熱ヒータ）の通25電制御を行うことで、素子部の温度が所望の温度になるようにして、該排ガスセンサの好適な出力特性が得られるようにしたものが知られてい

る。尚、同公報のものでは、ヒータの通電電流及び印加電圧を検出してそれらの検出値からヒータの抵抗値を把握すると共に、該ヒータの抵抗値に基づいて排ガスセンサの素子部の温度を推定するようにしている。

しかしながら、前記公報のものでは、排ガスセンサの素子部の温度の
5 推定値から、データテーブルによりヒータへの供給電力を規定するデューティを一義的に決定するようにしているものに過ぎないため、排ガスの温度変化、外気温等の影響によって、排ガスセンサの素子部の温度を所望の温度に安定して制御することが困難であった。また、排ガスセンサの素子部の温度が低い状態では、ヒータのデューティを一定の最大値
10 に維持するため、必用以上にヒータが電力を消耗したり、ヒータや素子部の実際の温度が過熱状態となって、それらの損傷を生じる虞れがあった。

本発明はかかる背景に鑑みてなされたものであり、排ガスセンサの素子部の温度を安定して所望の温度に制御することができる排ガスセンサ
15 の温度制御装置及び温度制御方法を提供することを目的とする。さらに、排ガスセンサの素子部の温度を安定して所望の温度に制御することができる排ガスセンサの温度制御用プログラムを記憶保持した記録媒体を提供することを目的とする。

20 発明の開示

本発明の排ガスセンサの温度制御装置は、内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御装置に関するものである。そして、本発明の排ガスセンサの温度制御装置の第1の態様は、前記の
25 目的を達成するために、前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得

する手段と、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とするものである。

同様に、本発明の排ガスセンサの温度制御方法は、内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御方法に関するものである。そして、本発明の排ガスセンサの温度制御方法の第1の態様は、前記素子部の温度を表す素子温度データと前記ヒータの温度を表すヒータ温度データとを逐次取得しつつ、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とするものである。

さらに、本発明の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体は、内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの素子部の温度を制御するための処理をコンピュータに実行させる温度制御用プログラムを記憶保持したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関するものである。そして、本発明の排ガスセンサの温度制御用プログラムの第

1の態様は、前記温度制御用プログラムは、前記素子部の温度を表す素子温度データと前記ヒータの温度を表すヒータ温度データとを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 9800 9805 9810 9815 9820 9825 9830 9835 9840 9845 9850 9855 9860 9865 9870 9875 9880 9885 9890 9895 9900 9905 9910 9915 9920 9925 9930 9935 9940 9945 9950 9955 9960 9965 9970 9975 9980 9985 9990 9995 10000 10005 10010 10015 10020 10025 10030 10035 10040 10045 10050 10055 10060 10065 10070 10075 10080 10085 10090 10095 10100 10105 10110 10115 10120 10125 10130 10135 10140 10145 10150 10155 10160 10165 10170 10175 10180 10185 10190 10195 10200 10205 10210 10215 10220 10225 10230 10235 10240 10245 10250 10255 10260 10265 10270 10275 10280 10285 10290 10295 10300 10305 10310 10315 10320 10325 10330 10335 10340 10345 10350 10355 10360 10365 10370 10375 10380 10385 10390 10395 10400 10405 10410 10415 10420 10425 10430 10435 10440 10445 10450 10455 10460 10465 10470 10475 10480 10485 10490 10495 10500 10505 10510 10515 10520 10525 10530 10535 10540 10545 10550 10555 10560 10565 10570 10575 10580 10585 10590 10595 10600 10605 10610 10615 10620 10625 10630 10635 10640 10645 10650 10655 10660 10665 10670 10675 10680 10685 10690 10695 10700 10705 10710 10715 10720 10725 10730 10735 10740 10745 10750 10755 10760 10765 10770 10775 10780 10785 10790 10795 10800 10805 10810 10815 10820 10825 10830 10835 10840 10845 10850 10855 10860 10865 10870 10875 10880 10885 10890 10895 10900 10905 10910 10915 10920 10925 10930 10935 10940 10945 10950 10955 10960 10965 10970 10975 10980 10985 10990 10995 11000 11005 11010 11015 11020 11025 11030 11035 11040 11045 11050 11055 11060 11065 11070 11075 11080 11085 11090 11095 11100 11105 11110 11115 11120 11125 11130 11135 11140 11145 11150 11155 11160 11165 11170 11175 11180 11185 11190 11195 11200 11205 11210 11215 11220 11225 11230 11235 11240 11245 11250 11255 11260 11265 11270 11275 11280 11285 11290 11295 11300 11305 11310 11315 11320 11325 11330 11335 11340 11345 11350 11355 11360 11365 11370 11375 11380 11385 11390 11395 11400 11405 11410 11415 11420 11425 11430 11435 11440 11445 11450 11455 11460 11465 11470 11475 11480 11485 11490 11495 11500 11505 11510 11515 11520 11525 11530 11535 11540 11545 11550 11555 11560 11565 11570 11575 11580 11585 11590 11595 11600 11605 11610 11615 11620 11625 11630 11635 11640 11645 11650 11655 11660 11665 11670 11675 11680 11685 11690 11695 11700 11705 11710 11715 11720 11725 11730 11735 11740 11745 11750 11755 11760 11765 11770 11775 11780 11785 11790 11795 11800 11805 11810 11815 11820 11825 11830 11835 11840 11845 11850 11855 11860 11865 11870 11875 11880 11885 11890 11895 11900 11905 1191

また、前記制御入力における素子部の温度と目標温度との偏差に応じた入力成分は、例えば該偏差に比例した成分、該偏差の所定時間毎の累積加算値（積分値）に比例した成分、あるいはこれらの成分を加え合わせたもの等である。このことは、後述する本発明の第2の態様、第3の
5 態様、第4の態様でも同様である。

また、本発明の排ガスセンサの温度制御装置の第2の態様は、前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する手段と、前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する手段と、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発
10 熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とするもの
15 である。

同様に、本発明の排ガスセンサの温度制御方法の第2の態様は、前記素子部の温度を表す素子温度データと前記排ガスの温度を表す排ガス温度データとを逐次取得しつつ、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給
20 量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とするもの
25 である。

さらに、本発明の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体の

第2の態様は、前記温度制御用プログラムは、前記素子部の温度を表す素子温度データと前記排ガスの温度を表す排ガス温度データとを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とするものである。

かかる本発明の第2の態様によれば、素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分とを含む制御入力、換言すれば、少なくとも上記入力成分を合成して生成される制御入力に応じてヒータを制御するので、素子部の温度に対する排ガスの温度の変動の影響を補償しつつ、素子部の温度を目標温度に収束させることが可能となる。換言すれば、排ガスの温度の変動による素子部の温度の変動を抑えつつ素子部の温度を目標温度に制御することが可能となる。その結果、排ガスセンサの素子部の温度を安定に目標温度（所望の温度）に制御することができる。

尚、本発明の第2の態様では、素子部の温度を表す素子温度データは、前記第1の態様と同様、温度センサを用いて直接的に検出して取得するようにしてもよく、あるいは、適宜のパラメータやモデルに基づいて推定して取得するようにしてもよい。このことは、排ガスの温度を表す排

ガス温度データについても同様である。

また、本発明の排ガスセンサの温度制御装置の第3の態様は、前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する手段と、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該目標温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とするものである。

- 10 同様に、本発明の排ガスセンサの温度制御方法の第3の態様は、前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得しつつ、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該目標温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とするものである。

- さらに、本発明の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体の第3の態様は、前記温度制御用プログラムは、前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温

度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該目標温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とするものである。

かかる本発明の第3の態様によれば、前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該目標温度に応じた入力成分とを含む制御入力、換言すれば、少なくとも上記入力成分を合成して生成される制御入力に応じてヒータを制御するので、素子部の温度の目標温度への追従を速やかに行うことができる。その結果、排ガスセンサの素子部の温度を安定に目標温度に制御することができる。

10 尚、本発明の第3の態様では、素子部の温度を表す素子温度データは、第1の態様と同様、温度センサを用いて直接的に検出して取得するようにしてもよく、あるいは、適宜のパラメータやモデルに基づいて推定して取得するようにしてもよい。

また、本発明の排ガスセンサの温度制御装置の第4の態様は、前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する手段と、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該素子部の温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とするものである。

同様に、本発明の排ガスセンサの温度制御方法の第4の態様は、前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得しつつ、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成す

るとき、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該素子部の温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とするものである。

- 5 さらに、本発明の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体の第4の態様は、前記温度制御用プログラムは、前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御
- 10 入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該素子部の温度に応じ
- 15 た入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とするものである。

- かかる本発明の第4の態様によれば、前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分に加えて、該素子部の目標温度に応じた入力成分を含む制御入力、換言すれば、少なくとも
- 20 上記入力成分を合成して生成される制御入力に応じてヒータを制御するので、素子部の温度が目標温度に対してオーバシュートを生じるのを低減し、素子部の温度を目標温度に滑らかに追従させることができる。その結果、排ガスセンサの素子部の温度を安定に目標温度に制御することができる。

- 25 尚、本発明の第4の態様では、素子部の温度を表す素子温度データは、第1の態様と同様、温度センサを用いて直接的に検出して取得するよう

にしてもよく、あるいは、適宜のパラメータやモデルに基づいて推定して取得するようにしてもよい。

ところで、前述の第1～第4の態様の発明は、素子部の温度を直接的に目標温度に制御するものであるが、一般に、ヒータの温度と素子部の温度とはそれらの温度がほぼ一定となるような定常状態では高い相関性を有する。従って、ヒータの温度をある目標温度に制御するようにすれば、素子部の温度は、間接的にヒータの目標温度に対応した温度に制御できることとなる。

そこで、本発明の排ガスセンサの温度制御装置の第5の態様は、前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように該ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とするものである。

同様に、本発明の排ガスセンサの温度制御方法の第5の態様は、前記素子部の温度を表す素子温度データと前記ヒータの温度を表すヒータ温度データとを逐次取得しつつ、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように該ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分

とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とするものである。

さらに、本発明の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体の第 5 の態様は、前記温度制御用プログラムは、前記素子部の温度を表す素子温度データと前記ヒータの温度を表すヒータ温度データとを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように該ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とするものである。

かかる本発明の第 5 の態様は、前記第 1 の態様に対応するものであり、ヒータの温度を目標温度に制御することに関して、該第 1 の態様と類似の効果を奏することができる。すなわち、本発明の第 5 の態様によれば、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度（ヒータの温度の目標値）との偏差に応じた入力成分と、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分とを含む制御入力（制御対象の操作量）、換言すれば、少なくとも上記入力成分を合成して生成される制御入力に応じてヒータを制御するので、ヒータの温度が目標温度に対して変動したときに、制御入力の過大な変動を抑えながら、ヒータの温度を目標温度に収束させることが可能となる。その結果、排ガスセンサのヒータの温度を安定に目標温度に制御することができ、ひいては、素子部の温度

を該ヒータの目標温度に対応した温度に安定に制御することができる。

尚、本発明の第 5 の態様で、素子部の温度を表す素子温度データや、ヒータの温度を表すヒータ温度データは、前記第 1 の態様と同様、温度センサで検出・取得するようにしてもよく、あるいは、推定して取得する
5 するようにしてもよい。

また、前記制御入力におけるヒータの温度と目標温度との偏差に応じた入力成分は、例えば該偏差に比例した成分、該偏差の所定時間毎の累積加算値（積分値）に比例した成分、あるいはこれらの成分を加え合わせたもの等である。このことは、後述する本発明の第 6 の態様、第 7 の
10 態様、第 8 の態様でも同様である。

また、本発明の排ガスセンサの温度制御装置の第 6 の態様は、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する手段と、前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように該ヒータへの
15 発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とする
20 ものである。

同様に、本発明の排ガスセンサの温度制御方法の第 6 の態様は、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データと前記排ガスの温度を表す排ガス温度データとを逐次取得しつつ、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように該ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを
25 制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前

記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とするものである。

- 5 さらに、本発明の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体の第6の態様は、前記温度制御用プログラムは、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データと前記排ガスの温度を表す排ガス温度データとを取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように該ヒータへ
- 10 の発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏
- 15 差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とするものである。

- かかる本発明の第6の態様は、前記第2の態様に対応するものであり、ヒータの温度を目標温度に制御することに関して、該第2の態様と類似
- 20 の効果を奏することができる。すなわち、本発明の第6の態様によれば、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分とを含む制御入力、換言すれば、少なくとも上記入力成分を合成して生成される制御入力に応じてヒータを制御するので、素子部の温度、
- 25 ひいてはヒータの温度に対する排ガスの温度の変動の影響を補償しつつ、ヒータの温度を目標温度に収束させることが可能となる。換言すれば、

排ガスの温度の変動によるヒータの温度の変動を抑えつつヒータの温度を目標温度に制御することが可能となる。その結果、排ガスセンサのヒータの温度を安定に目標温度に制御することができ、ひいては、排ガスセンサの素子部の温度をヒータの目標温度に対応した温度に安定に制御
5 することができる。

尚、本発明の第6の態様で、ヒータの温度を表すヒータ温度データや、排ガスの温度を表す排ガス温度データは、前記第2の態様と同様、温度センサで検出・取得するようにしてもよく、あるいは、推定して取得するようにしてもよい。

10 また、本発明の排ガスセンサの温度制御装置の第7の態様は、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒ
15 タ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該目標温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とするものである。

同様に、本発明の排ガスセンサの温度制御方法の第7の態様は、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得しつつ、前記ヒータ温
20 度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該目標温度に応じた入力成分
25 とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とするものである。

さらに、本発明の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体の第7の態様は、前記温度制御用プログラムは、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該目標温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とするものである。

かかる本発明の第7の態様は、前記第3の態様に対応するものであり、ヒータの温度を目標温度に制御することに関して、該第3の態様と類似の効果を奏することができる。すなわち、本発明の第7の態様によれば、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該目標温度に応じた入力成分とを含む制御入力、換言すれば、少なくとも上記入力成分を合成して生成される制御入力に応じてヒータを制御するので、ヒータの温度の目標温度への追従を速やかに行うことができる。その結果、排ガスセンサのヒータの温度を安定に目標温度に制御することができ、ひいては、素子部の温度をヒータの目標温度に対応した温度に安定に制御することができる。

尚、本発明の第7の態様で、ヒータの温度を表すヒータ温度データは、第3の態様と同様、温度センサで検出・取得するようにしてもよく、あるいは、推定して取得するようにしてもよい。

また、本発明の排ガスセンサの温度制御装置の第8の態様は、前記ヒ

一タの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該ヒータの温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とするものである。

同様に、本発明の排ガスセンサの温度制御方法の第8の態様は、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得しつつ、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該ヒータの温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とするものである。

さらに、本発明の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体の第8の態様は、前記温度制御用プログラムは、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該ヒータの温度

に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とするものである。

かかる本発明の第 8 の態様は、前記第 4 の態様に対応するものであり、ヒータの温度を目標温度に制御することに関して、該第 4 の態様と類似の効果を奏することができる。すなわち、本発明の第 8 の態様によれば、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該ヒータの温度に応じた入力成分とを含む制御入力、換言すれば、少なくとも上記入力成分を合成して生成される制御入力に応じてヒータを制御するので、ヒータの温度が目標温度に対してオーバーシュートを生じるのを低減し、ヒータの温度を目標温度に滑らかに追従させることができる。その結果、排ガスセンサのヒータの温度を安定に目標温度に制御することができ、ひいては、素子部の温度をヒータの目標温度に対応した温度に安定に制御することができる。

尚、本発明の第 8 の態様では、前記第 4 の態様と同様、ヒータの温度を表すヒータ温度データは、温度センサを用いて直接的に検出して取得するようにしてもよく、あるいは、適宜のパラメータやモデルに基づいて推定して取得するようにしてもよい。

前述した本発明の第 1 ～第 4 の態様は、温度制御装置、温度制御方法、及び記録媒体のいずれにおいても、それらの二つ以上の態様を複合させることが好ましい。第 1 の態様及び第 2 の態様の温度制御装置を複合させる場合には、前記第 1 の態様の温度制御装置において、前記排ガスセンサの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する手段を備え、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、該排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分を含む。同様に、第 1 の態様及び第 2 の態様の温度制御方法を複合させる場合には、前記第 1 の態様の温度制御方法において、前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得するス

トップをさらに備え、前記制御入力を生成するとき、該排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成する。さらに、第1の態様の及び第2の態様の記録媒体を複合させる場合には、前記第1の態様の記録媒体において、前記温度制御用プログラムは、前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムをさらに含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成する。

10 このように第1の態様と第2の態様とを複合させることにより、それらの態様による効果が重畳されて、素子部の温度をより安定に目標温度に制御することができる。

さらに、前記第1の態様の温度制御装置、あるいは、これに第2の態様の温度制御装置を複合させたものにおいて、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力に、前記目標温度に応じた入力成分を含めることにより、第1の態様及び第3の態様の温度制御装置を複合させた発明、あるいは、第1～第3の態様の温度制御装置を複合させた発明を構成できる。同様に、前記第1の態様の温度制御方法、あるいは、これに第2の態様の温度制御方法を複合させたものにおいて、前記制御入力を生成するとき、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することにより、第1の態様及び第3の態様の温度制御方法を複合させた発明、あるいは、第1～第3の態様の温度制御方法を複合させた発明を構成できる。さらに、前記第1の態様の記録媒体、あるいは、これに第2の態様の記録媒体を複合させたものにおいて、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成する

ことにより、第 1 の態様及び第 3 の態様の記録媒体を複合させた発明、あるいは、第 1 ～第 3 の態様の記録媒体を複合させた発明を構成できる。

上記のように第 1 の態様と第 3 の態様とを複合させた場合には、それらの効果が重畳されて、素子部の温度をより安定に目標温度に制御することができる。特に、第 1 ～第 3 の態様を複合させた場合には、第 1 ～第 3 の各態様の効果が重畳されて、素子部の温度の目標温度に対する安定性を好適に高めることができる。

さらに、前記第 1 の態様の温度制御装置、あるいは、これに第 2 及び第 3 の態様の温度制御装置のうちの一つ以上の態様を複合させたものにおいて、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力に、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分を含めることにより、第 1 の態様及び第 4 の態様の温度制御装置を複合させた発明、あるいは、さらに第 2 及び第 3 の態様のうちの一つ以上の態様の温度制御装置を複合させた発明を構成できる。同様に、前記第 1 の態様の温度制御方法、あるいは、これに第 2 及び第 3 の態様の温度制御方法のうちの一つ以上の態様を複合させたものにおいて、前記制御入力を生成するとき、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することにより、第 1 の態様及び第 4 の態様の温度制御方法を複合させた発明、あるいは、さらに第 2 及び第 3 の態様のうちの一つ以上の態様の温度制御方法を複合させた発明を構成できる。さらに、前記第 1 の態様の記録媒体、あるいは、これに第 2 及び第 3 の態様の記録媒体のうちの一つ以上の態様を複合させたものにおいて、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成することにより、第 1 の態様及び第 4 の態様の記録媒体を複合させた発明、あるいは、さらに第 2 及び第 3 の

態様のうちの一つ以上の態様の記録媒体を複合させた発明を構成できる。

このように第1～第4の態様の2つ以上の態様を複合させることにより、それらの各態様の効果が重畳されて、素子部の温度の目標温度に対する安定性を高めることができる。

- 5 また、前記第2の態様の温度制御装置において、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力に、前記目標温度に応じた入力成分を含めることにより、本発明の第2の態様及び第3の態様の温度制御装置を複合させた発明を構成できる。同様に、第2の態様の温度制御方法において、前記制御入力を生成するとき、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む
- 10 制御入力を前記制御入力として生成することにより、第2の態様及び第3の態様の温度制御方法を複合させた発明を構成できる。さらに、第2の態様の記録媒体において、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成することにより、本発明の第2の
- 15 態様及び第3の態様の記録媒体を複合させた発明を構成できる。

このようにすることにより、第2の態様と第3の態様の効果が重畳されて、素子部の温度をより安定に目標温度に制御することができる。

- さらに、前記第2の態様の温度制御装置、あるいは、これに第3の態様の温度制御装置を複合させたものにおいて、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力に、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分を含めることにより、第2の態様及び第4の態様の温度制御装置を複合させた発明、あるいは、第2～第4の態様の温度制御装置を複合させた発明を構成できる。同様に、前記第2の態様の温度制御方法、あるいは、これに第3の態様の温度制御方法を複合させたものにおいて、
- 20 前記制御入力を生成するとき、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成する
- 25

ことにより、第 2 の態様及び第 4 の態様の温度制御方法を複合させた発明、あるいは、第 2 ～第 4 の態様の温度制御方法を複合させた発明を構成できる。さらに、前記第 2 の態様の記録媒体、あるいは、これに第 3 の態様の記録媒体を複合させたものにおいて、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成することにより、第 2 の態様及び第 4 の態様の記録媒体を複合させた発明、あるいは、第 2 ～第 4 の態様の記録媒体を複合させた発明を構成できる。

10 そして、それらの態様の複合により、それらの各態様の効果が重畳されて、素子部の温度の目標温度に対する安定性を高めることができる。

さらに、前記第 3 の態様の温度制御装置において、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力に、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分を含めることにより、第 3 の態様及び第 4 の態様の温度制御装置を複合させた発明を構成できる。同様に、前記第 3 の態様の温度制御方法において、前記制御入力を生成するとき、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することにより、第 3 の態様及び第 4 の態様の温度制御方法を複合させた発明を構成できる。さらに、前記第 3 の態様の記録媒体において、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成することにより、第 3 の態様及び第 4 の態様の記録媒体を複合させた発明を構成できる。

この複合により第 3 及び第 4 の態様の効果が重畳されて、素子部の温度の目標温度に対する安定性を高めることができる。

なお、本発明では、第 1 ～第 3 の態様の全てを複合させ、もしくは、

第1～第4の態様の全てを複合させることが特に好適である。そして、第1～第3の態様の全てを複合させた場合には、前記素子部の温度と目標温度との偏差に応じた入力成分は、例えばその偏差の所定時間毎の累積加算値（積分値）に比例する成分と該偏差に比例する成分とで構成することが好ましい。また、第1～第4の態様の全てを複合させた場合には、前記素子部の温度と目標温度との偏差に応じた入力成分は、例えばその偏差の所定時間毎の累積加算値（積分値）に比例する成分により構成することが好ましい。

上述した第1～第4の態様の発明の複合に関しては、前記第5～第8の態様の発明についても同様であり、それらの二つ以上の態様を複合させることが好ましい。すなわち、第5の態様及び第6の態様の温度制御装置を複合させる場合には、前記第5の態様の温度制御装置において、前記排ガスセンサの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する手段を備え、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、該排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分を含む。同様に、第5の態様及び第6の態様の温度制御方法を複合させる場合には、前記第5の態様の温度制御方法において、前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得するステップをさらに備え、前記制御入力を生成するとき、該排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成する。さらに、第5の態様及び第6の態様の記録媒体を複合させる場合には、前記第5の態様の記録媒体において、前記温度制御用プログラムは、前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムをさらに含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、該排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成する。

このように第5の態様と第6の態様とを複合させることにより、それらの態様による効果が重畳されて、ヒータの温度をより安定に目標温度に制御することができ、ひいては、素子部の温度をヒータの目標温度に対応した温度により安定に制御することができる。

- 5 さらに、前記第5の態様の温度制御装置、あるいは、これに第6の態様の温度制御装置を複合させたものにおいて、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力に、前記目標温度（ヒータの温度の目標値）に応じた入力成分を含めることにより、第5の態様及び第7の態様の温度制御装置を複合させた発明、あるいは、第5～第7の態様の温度制御装置を複合
- 10 させた発明を構成できる。同様に、前記第5の態様の温度制御方法、あるいは、これに第6の態様の温度制御方法を複合させたものにおいて、前記制御入力を生成するとき、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することにより、第5の態様及び第7の態様の温度制御方法を複合させた発明、あるいは、第5～第7
- 15 の態様の温度制御方法を複合させた発明を構成できる。さらに、前記第5の態様の記録媒体、あるいは、これに第6の態様の記録媒体を複合させたものにおいて、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成することにより、第5の態様及び第7の態
- 20 様の記録媒体を複合させた発明、あるいは、第5～第7の態様の記録媒体を複合させた発明を構成できる。

- 上記のように第5の態様と第7の態様とを複合させた場合には、それらの効果が重畳されて、ヒータの温度をより安定に目標温度に制御することができ、ひいては、素子部の温度をヒータの目標温度に対応した温度により安定に制御できる。特に、第5～第7の態様を複合させた場合には、第5～第7の各態様の効果が重畳されて、ヒータの温度、ひいて
- 25

は、素子部の温度の安定性を好適に高めることができる。

さらに、前記第5の態様の温度制御装置、あるいは、これに第6及び第7の態様の温度制御装置のうちの一つ以上の態様を複合させたものにおいて、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力に、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分を含めることにより、第5の態様及び第8の態様の温度制御装置を複合させた発明、あるいは、さらに第6及び第7の態様の温度制御装置のうちの一つ以上の態様を複合させた発明を構成できる。同様に、前記第5の態様の温度制御方法、あるいは、これに第6及び第7の態様の温度制御方法のうちの一つ以上の態様を複合させたものにおいて、前記制御入力を生成するとき、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することにより、第5の態様及び第8の態様の温度制御方法を複合させた発明、あるいは、さらに第6及び第7の態様の温度制御方法のうちの一つ以上の態様を複合させた発明を構成できる。さらに、前記第5の態様の記録媒体、あるいは、これに第6及び第7の態様の記録媒体のうちの一つ以上の態様を複合させたものにおいて、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成することにより、第5の態様及び第8の態様の記録媒体を複合させた発明、あるいは、さらに第6及び第7の態様の記録媒体のうちの一つ以上の態様を複合させた発明を構成できる。

それらの態様の複合により、それらの各態様の効果が重畳されて、ヒータの温度の目標温度に対する安定性を高めることができる。ひいては、素子部の温度をヒータの目標温度に対応した温度により安定に制御できる。

また、前記第 6 の態様の温度制御装置において、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、前記目標温度（ヒータの温度の目標値）に応じた入力成分を含むようにすることにより、本発明の第 6 の態様及び第 7 の態様の温度制御装置を複合させた発明を構成できる。同様に、前記第 5 6 の態様の温度制御方法において、前記制御入力を生成するとき、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することにより、第 6 の態様及び第 7 の態様の温度制御方法を複合させた発明を構成できる。さらに、前記第 6 の態様の記録媒体において、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記目標温度に応じた 10 入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成することにより、第 6 の態様及び第 7 の態様の記録媒体を複合させた発明を構成できる。

このようにすることにより、第 6 の態様と第 7 の態様の効果が重畳されて、ヒータの温度をより安定に目標温度に制御することができ、ひいては、素子部の温度をヒータの目標温度に対応した温度により安定に制 15 御することができる。

さらに、第 6 の態様の温度制御装置、あるいは、これに第 7 の態様の温度制御装置を複合させたものにおいて、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力に、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分を含めることにより、第 6 の態様及び第 8 の態様の温度制御装置を 20 複合させた発明、あるいは、第 6 ～第 8 の態様の温度制御装置を複合させた発明を構成できる。同様に、第 6 の態様の温度制御方法、あるいは、これに第 7 の態様の温度制御方法を複合させたものにおいて、前記制御入力を生成するとき、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することにより、第 6 の態様及び第 8 の態様の温度制御方法を複合させた発明、あ 25

るいは、第6～第8の態様の温度制御方法を複合させた発明を構成できる。さらに、第6の態様の記録媒体、あるいは、これに第7の態様の記録媒体を複合させたものにおいて、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成することにより、第6の態様及び第8の態様の記録媒体を複合させた発明、あるいは、第6～第8の態様の記録媒体を複合させた発明を構成できる。

そして、それらの複合により、それらの各態様の効果が重畳されて、ヒータの温度の目標温度に対する安定性を高めることができる。ひいては素子部の温度を、ヒータの目標温度に対応する温度に安定に制御することができる。

さらに、前記第7の態様の温度制御装置において、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力に、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分を含めることにより、第7の態様及び第8の態様の温度制御装置を複合させた発明を構成できる。同様に、前記第7の態様の温度制御方法において、前記制御入力を生成するとき、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することにより、第7の態様及び第8の態様の温度制御方法を複合させた発明を構成できる。さらに、前記第7の態様の記録媒体において、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成することにより、第7の態様及び第8の態様の記録媒体を複合させた発明を構成できる。

そして、この複合により第7及び第8の態様の効果が重畳されて、ヒ

一タの温度の目標温度に対する安定性を高めることができ、ひいては、素子部の温度を、ヒータの目標温度に対応する温度に安定に制御することができる。

5 なお、第5～第7の態様の全てを複合させ、もしくは、第5～第8の態様の全てを複合させることが特に好適である。そして、第5～第7の態様の全てを複合させた場合には、前記ヒータの温度と目標温度との偏差に応じた入力成分は、例えばその偏差の所定時間毎の累積加算値（積分値）に比例する成分と該偏差に比例する成分とで構成することが好ましい。また、第5～第8の態様の全てを複合させた場合には、前記ヒータの温度と目標温度との偏差に応じた入力成分は、例えばその偏差の所定時間毎の累積加算値（積分値）に比例する成分により構成することが好ましい。

15 前記制御入力の入力成分として排ガスの温度に応じた入力成分を含む第2の態様の温度制御装置、あるいは第1、第3及び第4の態様の温度制御装置のうちの一つ以上の態様と第2の態様の温度制御装置とを複合させた発明では、前記ヒータ制御手段が逐次生成する制御入力における前記排ガスの温度に応じた入力成分は、該排ガスの温度の現在値と第1所定時間後の該排ガスの温度の未来値とを含む該排ガスの温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を予見制御のアルゴリズムにより前記ヒータ制御手段が生成することが好ましい。同様に、前記制御入力の入力成分として排ガスの温度に応じた入力成分を含む第2の態様の温度制御方法、あるいは第1、第3及び第4の態様の温度制御方法のうちの一つ以上の態様と第2の態様の温度制御方法とを複合させた発明では、前記制御入力に含ませた前記排ガスの温度に
25 応じた入力成分は、該排ガスの温度の現在値と第1所定時間後の該排ガスの温度の未来値とを含む該排ガスの温度の時系列データに応じた

入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を予見制御のアルゴリズムにより生成することが好ましい。さらに、前記制御入力の入力成分として排ガスの温度に応じた入力成分を含む第2の態様の記録媒体、あるいは第1、第3及び第4の態様の記録媒体のうちの一つ以上の態様と第2の態様の記録媒体とを複合させた発明では、前記制御入力に含まれる前記排ガスの温度に応じた入力成分は、該排ガスの温度の現在値と第1所定時間後の該排ガスの温度の未来値とを含む該排ガスの温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させる前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、予見制御のアルゴリズムであることが好ましい。

このことは、ヒータの温度が目標温度になるように制御入力を生成する本発明の温度制御装置、温度制御方法、及び記録媒体のいずれであっても、前記第6の態様の発明、あるいは第5、第7及び第8の態様のうちの一つ以上の態様と第6の態様とを複合させた発明についても、同じである。

これによれば、前記制御入力に含まれる入力成分のうち、排ガスの温度に応じた入力成分は、排ガスの温度の現在値だけでなく、少なくとも第1所定時間後の分の未来値を含む排ガスの温度の時系列データに応じた入力成分である。このため、前記第2の態様の発明もしくはこれを含む発明では、排ガスの温度の変化に対する素子部の温度の変化を最小限に留めることができる。従って、排ガスの温度の変動によらずに、素子部の温度の目標温度への制御の安定性を効果的に高めることができる。同様に、第6の態様の発明もしくはこれを含む発明では、排ガスの温度の変化に対するヒータの温度の変化を最小限に留めることができる。従って、排ガスの温度の変動によらずに、ヒータの温度の目標温度への制御の安定性を効果的に高めることができ、ひいては、素子部の温度をよ

り安定にヒータの目標温度に対応した温度に制御できる。尚、上記時系列データには、排ガスの温度の現在値と第1所定時間後の未来値だけでなく、現在から第1所定時間後の時点までの間の排ガスの温度の未来値が複数含まれていてもよい。

- 5 上記のように排ガスの温度の未来値を考慮した予見制御のアルゴリズムにより制御入力を生成する場合、その生成に必用な排ガスの温度の未来値は、例えば適宜のアルゴリズムにより推測して得るようにしてもよいが、該排ガスの温度の変化は、一般に、さほど急激には生じない。そこで、本発明の第2の態様もしくは第6の態様を含む温度制御装置では、
- 10 前記ヒータ制御手段は、前記排ガスの温度の第1所定時間後までの未来値が、該排ガスの温度の現在値と同一であるとして前記制御入力を生成するようにしてもよい。同様に、第2の態様もしくは第6の態様を含む温度制御方法では、前記予見制御のアルゴリズムは、前記排ガスの温度の第1所定時間後までの未来値が、該排ガスの温度の現在値と同一であるとして前記制御入力を生成するアルゴリズムであってもよい。さらに、
- 15 第2の態様もしくは第6の態様を含む記録媒体では、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記排ガスの温度の第1所定時間後までの未来値が、該排ガスの温度の現在値と同一であるとして前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていてもよい。
- 20 このようにすることにより、排ガスの温度の現在値を逐次把握できれば良いので、排ガスの温度の把握（排ガスの温度を表すデータの取得）を含めた排ガスセンサの温度制御のアルゴリズムの構築が容易になる。

- また、前記制御入力の入力成分として素子部の目標温度に応じた入力成分を含む第3の態様の温度制御装置、あるいは第1、第2及び第4の
- 25 態様の温度制御装置のうちの一つ以上の態様と第3の態様の温度制御装置とを複合させた発明では、前記ヒータ制御手段が逐次生成する前記目

標温度に応じた入力成分は、該目標温度の現在値と第2所定時間後における該目標温度の未来値とを含む該目標温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を予見制御アルゴリズムにより前記ヒータ制御手段が生成することが好ましい。同様に、第3

5 の態様の温度制御方法、あるいは第1、第2及び第4の態様の温度制御方法のうちの一つ以上の態様と第3の態様の温度制御方法とを複合させた発明では、前記制御入力に含ませた前記目標温度に応じた入力成分は、該目標温度の現在値と第2所定時間後における該目標温度の未来値とを含む該目標温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分

10 を含む前記制御入力を予見制御のアルゴリズムにより生成することが好ましい。さらに、第3の態様の記録媒体、あるいは第1、第2及び第4の態様の記録媒体のうちの一つ以上の態様と第3の態様の記録媒体とを複合させた発明では、前記制御入力に含まれる前記目標温度に応じた入力成分は、該目標温度の現在値と第2所定時間後における該目標温度の

15 未来値とを含む該目標温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させる前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、予見制御のアルゴリズムであることが好ましい。

このことは、ヒータの温度が目標温度になるように制御入力を生成する本発明の温度制御装置、温度制御方法、及び記録媒体のいずれであっても、前記第7の態様の発明、あるいは第5、第6、第8の態様のうちの一つ以上の態様と第7の態様とを複合させた発明についても同じである。

これによれば、前記制御入力に含まれる入力成分のうち、目標温度に応じた入力成分は、目標温度の現在値だけでなく、少なくとも第2所定時間後の未来値を含む該目標温度の時系列データに応じた入力成分であ

25

る。このため、前記第 3 の態様の発明もしくはこれを含む発明では、素子部の目標温度を変更したときに、素子部の温度がその目標温度に対してオーバーシュートを生じるのが防止される。また、素子部の温度の目標温度への収束速度も高めることができる。その結果、素子部の温度を目標温度に迅速且つ滑らかに追従させることができ、特に、内燃機関の始動直後に、素子部の温度を目標温度に向かって速やかに収束させて、安定化させることができる。従って、内燃機関の始動直後に、速やかに素子部の出力特性を所望の特性に安定化できる。また、素子部の目標温度の変更に対する素子部の温度の追従性が良くなることから、素子部の目標温度を内燃機関の運転状態等に適した値に適宜可變的に設定することもできる。

同様に、前記第 7 の態様の発明もしくはこれを含む発明では、ヒータの目標温度を変更したときに、ヒータの温度がその目標温度に対してオーバーシュートを生じるのが防止される。また、ヒータの温度の目標温度への収束速度も高めることができる。その結果、ヒータの温度を目標温度に迅速且つ滑らかに追従させることができ、特に、内燃機関の始動直後に、ヒータの温度を目標温度に向かって速やかに収束させて、安定化させることができるひいては、素子部の温度をヒータの目標温度に対応した温度に速やかに収束させて安定化させることができる。従って、内燃機関の始動直後に、速やかに素子部の出力特性を所望の特性に安定化できる。また、ヒータの目標温度の変更に対するヒータの温度の追従性が良くなることから、ヒータの目標温度、ひいては素子部の所望の温度を内燃機関の運転状態等に適した値に適宜可變的に設定することもできる。

尚、上記目標温度の時系列データには、目標温度の現在値と第 2 所定時間後の未来値だけでなく、現在から第 2 所定時間後の時点までの間の

目標温度の未来値が複数含まれていてもよい。

前述した本発明の第 1 ～第 4 の態様の温度制御装置では、前記ヒータ制御手段は、最適制御のアルゴリズムにより前記制御入力を生成することが好適である。同様に、第 1 ～第 4 の態様の温度制御方法では、前記
5 制御入力を、最適制御のアルゴリズムにより生成することが好ましい。さらに、第 1 ～第 4 の態様の記録媒体では、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、最適制御のアルゴリズムであることが好ましい。

これによれば、前記第 1 ～第 4 の態様では、素子部の温度の目標温度への収束性と、制御入力の変動（ヒータへの発熱用エネルギーの変動）
10 とのバランスを採りながら、該素子部の温度及び制御入力の変動を極力小さくするように制御入力を生成することが可能となる。その結果、素子部の温度を目標温度（所望の温度）に、より安定に制御することができると同時に、ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を必要限に留めることができる。

15 尚、本発明の第 1 ～第 4 の態様で最適制御のアルゴリズムにより前記制御入力を生成するときには、例えば素子部の温度と目標温度との偏差と、該偏差の所定時間当たりの変化量（偏差の変化速度）と、ヒータの温度の所定時間当たりの変化量（ヒータの温度の変化速度）とを制御対象の状態量として持つと共に、少なくとも前記制御入力の所定時間当
20 りの変化量（制御入力の変化速度）を入力量として持つ制御対象モデルをあらかじめ定めておき、この制御対象モデルに基づいて前記最適制御のアルゴリズムを構築することが好ましい。あるいは、例えば素子部の温度と目標温度との偏差と、素子部の温度の所定時間当たりの変化量（素子部の温度の変化速度）と、ヒータの温度の所定時間当たりの変化
25 量（ヒータの温度の変化速度）とを制御対象の状態量として持つと共に、少なくとも前記制御入力の所定時間当たりの変化量（制御入力の変化速

度)を入力量として持つ制御対象モデルをあらかじめ定めておき、この制御対象モデルの基づいて前記最適制御のアルゴリズムを構築するようにしてもよい。いずれの場合でも、該制御対象モデルの評価関数(これは上記の各状態量の2乗値と、前記制御入力の前記所定時間当たりの変化量

5 の2乗値との重み付き加算値の積分値（累積加算値）として表される）
を最小化し得る制御入力が求められることとなる。このようにすること
により、素子部の温度と目標温度との偏差を解消するだけでなく、制御
対象モデルの各状態量と制御入力との変動をそれらの好適なバランスを
保ちながら抑制するようにして制御入力を生成することができるので、
10 素子部の温度の目標温度に対する安定性を高めることができる。

また、第1～第4の態様における最適制御アルゴリズムの基礎となる制御対象モデルが、上記のように素子部の温度と目標温度との偏差と、該偏差の所定時間当たりの変化量と、ヒータの温度の所定時間当たりの変化量とを制御対象の状態量として持つ場合には、素子部の温度と目標温度との偏差に応じた入力成分と、ヒータの温度に応じた入力成分を含む制御入力を生成できる。また、制御対象モデルが、素子部の温度と目標温度との偏差と、素子部の温度の所定時間当たりの変化量と、ヒータの温度の所定時間当たりの変化量とを制御対象の状態量として持つ場合には、素子部の温度と目標温度との偏差に応じた入力成分と、ヒータの温度に応じた入力成分と、素子部の温度に応じた入力成分とを含む制御入力を生成できる。そして、例えばこれらの制御対象モデルの入力量として、前記制御入力の所定時間当たりの変化量に加えて、排ガスの温度の所定時間当たりの変化量や、素子部の温度の目標温度の所定時間当たりの変化量を含ませることで、排ガスの温度に応じた入力成分や、素子部の目標温度に応じた入力成分を含む制御入力を生成することが可能となる。

上記と同様に、本発明の第5～第8の態様の温度制御装置にあっても、前記ヒータ制御手段は、最適制御のアルゴリズムにより前記制御入力を生成することが好適である。同様に、第5～第8の態様の温度制御方法にあっても、前記制御入力を、最適制御のアルゴリズムにより生成することが好ましい。さらに、第5～第8の態様の記録媒体では、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、最適制御のアルゴリズムであることが好ましい。

これによれば、ヒータの温度の目標温度への収束性と、制御入力の変動とのバランスを採りながら、該ヒータの温度及び制御入力の変動を極力小さくするように制御入力を生成することが可能となる。その結果、ヒータの温度を目標温度により安定に制御することができ、ひいては素子部の温度をヒータの目標温度に対応する温度（所望の温度）により安定に制御できる。同時に、ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を必要限に留めることができる。

尚、本発明の第5～第8の態様で最適制御のアルゴリズムにより前記制御入力を生成するときには、例えばヒータの温度と目標温度との偏差と、該偏差の所定時間当たりの変化量（偏差の変化速度）と、素子部の温度の所定時間当たりの変化量（素子部の温度の変化速度）とを制御対象の状態量として持つと共に、前記制御入力の所定時間当たりの変化量（制御入力の変化速度）を入力量として持つ制御対象モデルをあらかじめ定めておき、この制御対象モデルに基づいて前記最適制御のアルゴリズムを構築することが好ましい。あるいは、例えばヒータの温度と目標温度との偏差と、素子部の温度の所定時間当たりの変化量（素子部の温度の変化速度）と、ヒータの温度の所定時間当たりの変化量（ヒータの温度の変化速度）とを制御対象の状態量として持つと共に、少なくとも前記制御入力の所定時間当たりの変化量（制御入力の変化速度）を入力

量として持つ制御対象モデルをあらかじめ定めておき、この制御対象モデルの基づいて前記最適制御のアルゴリズムを構築するようにしてもよい。いずれの場合でも、該制御対象モデルの評価関数を最小化し得る制御入力 that 求められることとなる。このようにすることにより、ヒータの温度と目標温度との偏差を解消するだけでなく、該偏差や素子部の温度、制御入力の変動をそれらの好適なバランスを保ちながら抑制するようにして制御入力を生成することができるので、ヒータの温度の目標温度に対する安定性、ひいては素子部の温度の安定性を高めることができる。

また、第5～第8の態様における最適制御アルゴリズムの基礎となる制御対象モデルが、上記のようにヒータの温度と目標温度との偏差と、該偏差の所定時間当たりの変化量と、素子部の温度の所定時間当たりの変化量とを制御対象の状態量として持つ場合には、ヒータの温度と目標温度との偏差に応じた入力成分と、素子部の温度に応じた入力成分とを含む制御入力を生成できる。また、制御対象モデルが、ヒータの温度と目標温度との偏差と、素子部の温度の所定時間当たりの変化量と、ヒータの温度の所定時間当たりの変化量とを制御対象の状態量として持つ場合には、ヒータの温度と目標温度との偏差に応じた入力成分と、ヒータの温度に応じた入力成分と、素子部の温度に応じた入力成分とを含む制御入力を生成できる。そして、例えばこれらの制御対象モデルの入力量として、前記制御入力の所定時間当たりの変化量に加えて、排ガスの温度の所定時間当たりの変化量や、ヒータの温度の目標温度の所定時間当たりの変化量を含ませることで、排ガスの温度に応じた入力成分や、ヒータの目標温度に応じた入力成分を含む制御入力を生成することが可能となる。

また、本発明の第1～第4の態様で最適制御のアルゴリズムを用いるものと、排ガスの温度あるいは目標温度に係わる予見制御アルゴリズム

とを組合わせたときには、最適予見制御のアルゴリズムにより制御入力を生成することとなる。この最適予見制御のアルゴリズムにより制御入力を生成したときには、最適制御アルゴリズムの基礎となる制御対象モデルの状態量と入力量との変動をバランスよく抑えながら、高い安定性

5 素子部の温度を目標温度に制御することができる。この場合における最適予見制御のアルゴリズムは、例えば第1～第4の態様に関して前記に例示した制御対象モデルの入力量として、前記制御入力の所定時間当たりの変化量に加えて、排ガスの温度の所定時間当たりの変化量、及び／又は素子部の目標温度の所定時間当たりの変化量を含めた制御対象モ

10 デルに基づいて構築することが可能である。

このことは、本発明の第5～第8の態様で最適制御のアルゴリズムを用いるものと、排ガスの温度あるいは目標温度に係わる予見制御アルゴリズムとを組合わせた場合についても同様であり、この場合の制御入力

15 は最適予見制御のアルゴリズムにより生成されることとなる。そして、この最適予見制御のアルゴリズムにより制御入力を生成したときには、最適制御アルゴリズムの基礎となる制御対象モデルの状態量と入力量との変動をバランスよく抑えながら、高い安定性でヒータの温度を目標温度に制御することができる。この場合における最適予見制御のアルゴリズムは、例えば前記第5～第8の態様に関して前記に例示した制御対象

20 モデルの入力量として、前記制御入力の所定時間当たりの変化量に加えて、排ガスの温度の所定時間当たりの変化量、及び／又は目標温度の所定時間当たりの変化量を含めた制御対象モデルに基づいて構築することが可能である。

以上説明した本発明の温度制御装置、温度制御方法、及び記録媒体で

25 は、いずれの態様においても、前記内燃機関の始動後、第3所定時間が経過するまでの始動直後期間における前記目標温度（素子部又はヒータ

の目標温度)は、該始動直後期間の経過後における目標温度よりも低い温度に設定されるように構成されていることが好ましい。

すなわち、内燃機関の始動直後に、素子部あるいはヒータの目標温度が高温であると、排ガスセンサの素子部に排気通路中の水分が付着していた場合に、該素子部の急激な加熱に伴う熱応力等により該素子部が破損してしまう虞れがある。このため、本発明では、前記始動直後期間における素子部あるいはヒータの目標温度を始動直後期間の経過後よりも低い温度に設定する。これにより、排ガスセンサの素子部が熱応力等により破損してしまうような事態を回避することができる。

- 10 また、以上説明した本発明の温度制御装置では、いずれの態様であっても、前記ヒータが、パルス幅制御(PWM制御)によってバッテリーから通電することにより発熱する電熱ヒータであると共に、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力、前記パルス幅制御におけるデューティ
- 15 (パルス幅制御で用いるパルス信号の1周期当たりのパルス幅の割合)である場合には、該デューティを前記バッテリーの電圧に応じて補正する手段を備えることが好ましい。同様に、本発明の温度制御方法では、いずれの態様であっても、前記ヒータは、パルス幅制御(PWM制御)によってバッテリーから通電することにより発熱する電熱ヒータであると共に、前記生成する制御入力は、前記パルス幅制御におけるデューティで
- 20 あり、該デューティを前記バッテリーの電圧に応じて補正するステップを備えることが好ましい。さらに、本発明の記録媒体では、いずれの態様であっても、前記ヒータは、パルス幅制御(PWM制御)によってバッテリーから通電することにより発熱する電熱ヒータであると共に、前記制御入力生成プログラムにより前記コンピュータに生成させる前記制御入
- 25 力は、前記パルス幅制御におけるデューティであり、前記温度制御用プログラムは、前記制御入力生成プログラムにより生成させた該デュー

ティを前記バッテリーの電圧に応じて補正する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムをさらに含むことが好ましい。

すなわち、バッテリーの電圧がほぼ一定であるような場合には、上記デューティはヒータへの発熱用エネルギーの供給量としての供給電力を規定するものとなるが、バッテリーの電圧がオルタネータ等の影響で変動を生じるような場合には、ヒータへの供給電力は、上記デューティだけでなくバッテリーの電圧の影響も受ける。従って、前記制御入力としてのデューティをバッテリーの電圧に応じて補正することにより、素子部あるいはヒータの温度を目標温度に制御する上でのバッテリーの電圧の変動の影響を補償することができる。この結果、バッテリーの電圧の変動の影響を受けることなく、素子部の温度あるいはヒータの温度を目標温度に安定して制御することができる。ひいては、素子部の温度の安定性を高めることができる。

尚、本発明では、排ガスセンサとしては、例えば排ガス浄化用の触媒装置の下流側に配置した O_2 センサが挙げられる。この場合、触媒装置による所要の浄化性能を確保するために、 O_2 センサの出力電圧を所定値に維持するように排ガスの空燃比を制御するような場合には、その空燃比制御を良好に行う上で、該 O_2 センサの素子部の温度を基本的には750℃以上の温度（例えば800℃）に制御することが好適である。この場合、素子部の目標温度を決めてヒータを制御するときには、その目標温度を750℃以上の温度（例えば800℃）に設定すればよく、ヒータの目標温度を決めてヒータを制御するときには、その目標温度を例えば850℃以上の温度（例えば900℃）に設定すればよい。

さらに、内燃機関の始動直後（内燃機関の始動後、第3所定時間（例えば15秒）が経過するまでの期間）では、前述したように O_2 センサの素子部の破損を防止するために、素子部の温度を上記の温度よりも低

い温度（例えば 600℃）に制御することが好適である。この場合、素子部の目標温度を決めてヒータを制御するときには、内燃機関の始動直後における素子部の目標温度を例えば 600℃に設定すればよく、ヒータの目標温度を決めてヒータを制御するときには、内燃機関の始動直後
5 におけるヒータの目標温度を例えば 700℃に設定すればよい。

図面の簡単な説明

図 1 は本発明の第 1 実施形態の装置の全体構成を示すブロック図、図 2 は図 1 の装置に備えた O₂ センサ（排ガスセンサ）の構造を示す断面
10 図、図 3 は図 2 の O₂ センサの出力特性を示すグラフ、図 4 は図 1 の装置に備えたセンサ温度制御手段の機能的構成を示すブロック図、図 5 は図 4 のセンサ温度制御手段に備えた排気温オブザーバの処理を説明するための断面図、図 6 は図 5 のセンサ温度制御手段に備えた排気温オブザーバの機能的構成を示すブロック図、図 7 は図 5 のセンサ温度制御手段
15 に備えたヒータコントローラの機能的構成を示すブロック図である。図 8 は図 1 の装置に備えたセンサ温度制御手段の全体的処理を示すフローチャート、図 9～図 11 は図 8 のフローチャートのサブルーチン処理を示すフローチャート、図 12 及び図 13 は第 1 実施形態のシミュレーション結果を示すグラフである。図 14 は本発明の第 2 実施形態における
20 センサ温度制御手段の機能的構成を示すブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の第 1 実施形態を図 1～図 13 を参照して説明する。図 1 は、本実施形態の装置の全体構成を模式的に示すブロック図である。同図中、
25 1 は例えば自動車やハイブリッド車に搭載されるエンジン（内燃機関）であり、このエンジン 1 が燃料及び空気の混合気を燃焼させて生成する

排ガスは、該エンジン 1 の排気ポート 2 に連通する排気通路 3 を介して大気側に排出される。排気通路 3 には、排ガスを浄化するための触媒装置 4, 5 が上流側から順次介装されている。排気通路 3 のうち、触媒装置 4 の上流側の部分（排気ポート 2 と触媒装置 4 の間の部分）と、両触媒装置 4, 5 の間の部分と、触媒装置 5 の下流側の部分とはそれぞれ管状の通路形成物である排気管 6 a, 6 b, 6 c により構成されている。

各触媒装置 4, 5 はそれぞれ触媒 7（本実施形態では三元触媒）を内蔵するものである。この触媒 7 は、ハニカム構造の通路形成物であり、その内部を排ガスが流れるようになっている。尚、触媒装置 4, 5 は一体構造のもの（例えば同一のケース内に三元触媒からなる二つの触媒床を上流部と下流部とに内蔵したもの）であってもよい。

本実施形態の装置では、特に触媒装置 4 の良好な浄化性能（触媒装置 4 による CO、HC、NO_x の浄化性能）を確保するようにエンジン 1 の排ガスの空燃比を制御する。そして、この空燃比制御を行うために、触媒装置 4, 5 の間の排気通路 3（排気管 6 b により形成される排気通路）に O₂ センサ 8 が配置され、触媒装置 4 の上流側の排気通路 3（排気管 6 a により形成される排気通路）に広域空燃比センサ 9 が配置されている。尚、触媒装置 4, 5 が前述のように一体構造で、二つの触媒床を内蔵したものである場合には、O₂ センサ 8 は、上流側の触媒床と下流側の触媒床との間に配置するようにすればよい。

ここで、O₂ センサ 8 は、本発明における排ガスセンサに相当するものであり、その基本構造や特性等をさらに説明する。この O₂ センサ 8 は、図 2 に模式的に示すように、酸素イオンを通しやすい固体電解質、例えば安定ジルコニア（ZrO₂+Y₂O₃）を主材質とする有底筒形状の素子部 10（感応部）を備え、この素子部 10 の外面及び内面には、それぞれ、多孔質の白金電極 11, 12 がコーティングされている。また、

この素子部 10 の内部には、該素子部 10 の昇温・活性化や温度制御等を行うために電熱ヒータとしての棒状のセラミックヒータ 13 が挿入されると共に、セラミックヒータ 13 の周囲の空間には一定酸素濃度（一定の酸素分圧）の空気が充填されている。そして、この O_2 センサ 8 は、
5 その素子部 10 の先端部の外面が排気管 6 b 内の排ガスに接触するようにセンサ筐体 14 を介して排気管 6 b に装着されている。

尚、図 2 中、15 は、排気管 6 b 内の素子部 10 に異物等が当たらないようにするための筒状のプロテクタであり、排気管 6 b 内の素子部 10 は、プロテクタ 15 に穿設されている複数の孔（図示省略）を介して
10 排ガスに接触するようになっている。

かかる構造の O_2 センサ 8 では、素子部 10 の先端部外面に接触する排ガスの酸素濃度と素子部 10 の内部の空気の酸素濃度との差によって、前記白金電極 11, 12 間に排ガスの酸素濃度に応じた起電力が生じる。そして、該 O_2 センサ 8 は、その起電力を図示しない増幅器で増幅して
15 なる出力電圧 V_{out} を外部に出力する。

この場合、排ガスの酸素濃度、あるいは該酸素濃度から把握される排ガスの空燃比に対する O_2 センサ 8 の出力電圧 V_{out} の特性（出力特性）は、基本的には図 3 に実線のグラフ a で示すような特性（所謂 Z カ
20 ープ特性）となる。尚、図 3 の実線のグラフ a は、より詳しくは、素子部 10 の温度が 800°C であるときの O_2 センサ 8 の出力特性を示すグラフである。素子部 10 の温度と O_2 センサ 8 の出力特性との関係については後述する。

図 3 のグラフ a に見られるように、 O_2 センサ 8 の出力特性は、一般的に、排ガスの酸素濃度により表わされる空燃比が理論空燃比近傍の狭
25 い空燃比域 Δ に存する状態でのみ、出力電圧 V_{out} が排ガスの空燃比に対してほぼリニアに高感度な変化を示す。つまり、その空燃比域 Δ （以

下、高感度空燃比域 Δ という)において、空燃比の変化に対する出力電圧 V_{out} の変化の傾き(出力特性のグラフの傾き)が大きなものとなる。そして、その高感度空燃比域 Δ よりもリッチ側の空燃比域とリーン側の空燃比域とでは、排ガスの空燃比の変化に対する出力電圧 V_{out} の変化の傾き(出力特性のグラフの傾き)が微小なものとなる。

尚、前記広域空燃比センサ9は、ここでの詳細な説明は省略するが、例えば特開平4-369471号公報にて本願出願人が開示した空燃比センサであり、 O_2 センサ8よりも広い空燃比域において、排ガスの空燃比に対してリニアに変化する出力電圧 $KACT$ を発生するセンサである。

以下の説明では、 O_2 センサ8の出力電圧 V_{out} 、広域空燃比センサ9の出力電圧 $KACT$ をそれぞれ単に出力 V_{out} 、 $KACT$ ということがある。

本実施形態の装置は、さらに排ガスの空燃比制御や O_2 センサ8の素子部10の温度制御等の処理を実行するコントロールユニット16を備えている。このコントロールユニット16は、図示を省略するCPU、

RAM、ROMを含むマイクロコンピュータにより構成されたものであり、後述の制御処理を実行するために、前記 O_2 センサ8、広域空燃比センサ9からそれらの出力 V_{out} 、 $KACT$ が入力されると共に、エンジ

ン1に備えられたセンサ(図示省略)からエンジン1の回転数 NE (回転速度)、吸気圧 PB (詳しくはエンジン1の吸気管内圧の絶対圧)、大

気温度 T_A 、機関温度 TW (詳しくはエンジン1の冷却水温)等の検出値を示すデータが与えられる。さらに、コントロールユニット16には、

エンジン1の点火装置(図示省略)やコントロールユニット16、前記セラミックヒータ13等の電装品の電源としてのバッテリー(図示省略)

の電圧 VB (以下、バッテリー電圧 VB という)の検出値を示すデータが

図示しないセンサから与えられる。なお、コントロールユニット16に備えたROMは、本発明の記録媒体に相当するものである。

上記コントロールユニット 16 は、その処理の機能的手段として、エンジン 1 の排ガスの空燃比を制御する空燃比制御手段 17 と、 O_2 センサ 8 の素子部 10 の温度を制御するセンサ温度制御手段 18 とを具備している。

5 空燃比制御手段 17 は、触媒装置 4 による CO（一酸化炭素）、HC（炭化水素）、 NO_x （窒素酸化物）の良好な浄化性能（浄化率）を確保するように、触媒装置 4 にエンジン 1 から供給される排ガスの空燃比を制御する処理を実行するものである。ここで、前述のような出力特性の O_2 センサ 8 を触媒装置 4 の下流側に配置したとき、触媒装置 4 に供給
10 する排ガスの空燃比（触媒装置 4 の上流側の排ガスの空燃比）を、 O_2 センサ 8 の出力 V_{out} がある所定値 V_{op} （図 3 参照）に整定するような空燃比状態に制御することにより、触媒装置 4 による CO、HC、 NO_x の良好な浄化性能を該触媒装置 4 の劣化状態によらずに確保できる。

そこで、空燃比制御手段 17 は、上記所定値 V_{op} を O_2 センサ 8 の
15 出力 V_{out} の目標値とし、この目標値 V_{op} に O_2 センサ 8 の出力 V_{out} を整定・維持するようにエンジン 1 から触媒装置 4 に供給される排ガスの空燃比を制御する。この空燃比制御は、例えば、 O_2 センサ 8 の出力 V_{out} を目標値 V_{op} に収束させるように、フィードバック制御処理により触媒装置 4 に供給する排ガスの目標空燃比を決定し、この目標空燃
20 比に広域空燃比センサ 9 の出力 KACT（空燃比の検出値）を収束させるように、フィードバック制御処理によりエンジン 1 の燃料供給量を調整することで実行される。尚、空燃比制御手段 17 のより具体的な処理は、本願発明の本質をなすものではないので、ここでの詳細な説明は省略するが、例えば本願出願人が特開平 11-324767 号公報にて公開し
25 た明細書の段落番号 [0071] ~ [0362]、あるいは米国特許 6188953 号に記載されているように行われる。

ところで、 O_2 センサ 8 の出力特性は、素子部 10 の温度の影響を受けて変化する。例えば、素子部 10 の温度が $800^{\circ}C$ 、 $750^{\circ}C$ 、 $700^{\circ}C$ 、 $600^{\circ}C$ であるときの O_2 センサ 8 の出力特性は、それぞれ図 3 の実線のグラフ a、破線のグラフ b、一点鎖線のグラフ b、二点鎖線の
5 グラフ d で示すような特性となる。この場合、図 3 を参照して明らかのように、特に $750^{\circ}C$ よりも低い温度域で素子部 10 の温度が変化すると、理論空燃比近傍（前記高感度空燃比域 Δ ）における O_2 センサ 8 の出力 V_{out} の変化の傾き（感度）や、該高感度空燃比域 Δ よりもリッチ側における出力 V_{out} のレベル等が変化しやすい。尚、素子部 10 の温
10 度が $750^{\circ}C$ 以上である場合には、素子部 10 の温度変化に対する O_2 センサ 8 の出力特性の変化は微小になり、該出力特性がほぼ一定になる。

O_2 センサ 8 の出力特性が上記のように素子部 10 の温度状態によって変化するため、その温度状態によっては、前記空燃比制御手段 17 による制御性（安定性や速応性）が悪化する虞れがある。これは、 O_2 センサ 8 の出力 V_{out} をある目標値 V_{op} に維持するように排ガスの空燃比を制御する上では、特に、理論空燃比近傍での O_2 センサ 8 の出力特性、すなわち、前記高感度空燃比域 Δ における出力特性が制御性に大きな影響を及ぼしやすいからである。また、触媒装置 4 の触媒 7 による排ガスの浄化性能が良好に保たれるような O_2 センサ 8 の出力 V_{out} の目
15 標値 V_{op} も、特に、 $750^{\circ}C$ よりも低い温度域における素子部 10 の温度状態によって変化する。従って、空燃比制御手段 17 による空燃比の制御（ O_2 センサ 8 の出力 V_{out} を目標値 V_{op} に維持する制御）を良好に行い、また、触媒装置 4 の浄化性能を良好に確保するためには、 O_2 センサ 8 の素子部 10 の温度は、基本的には一定温度に維持されてい
20 ることが好ましい。
25

この場合、 O_2 センサ 8 では、素子部 10 の温度を $750^{\circ}C$ 以上の温

度に維持すると、前述のように O_2 センサ 8 の出力特性がほぼ一定になって安定する。また、本願発明者等の知見によれば、素子部 10 の温度を $750^{\circ}C$ 以上の温度で、例えば $800^{\circ}C$ に維持すると、触媒装置 4 の触媒 7 による排ガスの浄化性能が良好に保たれるような O_2 センサ 8 の出力 V_{out} の目標値 V_{op} が、図 3 のグラフ a において参照符号 Y を付した部分、すなわち、 O_2 センサ 8 の出力特性のグラフ a の傾きが空燃比のリッチ化に伴い大きな傾きから微小な傾きに切替る変曲点部分 Y に存するようになる。そして、このとき、この目標値 V_{op} に O_2 センサ 8 の出力 V_{out} を維持するような空燃比制御を良好に行うことができる。

10 これは、変曲点部 Y における O_2 センサ 8 の出力 V_{out} の空燃比に対する感度が過大でも過小でもない適正な感度になるためと考えられる。

このため、本実施形態では、前記センサ温度制御手段 18 により、 O_2 センサ 8 の素子部 10 の温度を前記セラミックヒータ 13 を介して所望の温度に制御するようにしている。その所望の温度は、基本的には $750^{\circ}C$ 以上の温度で、例えば $800^{\circ}C$ である。このセンサ温度制御手段 18 の制御処理を以下に詳説する。

15

センサ温度制御手段 18 は、その主要な機能を分類すると、図 4 に示すように、排気通路 3 での O_2 センサ 8 の配置箇所近傍（排気管 6 b の中間部分の箇所）の排ガス温度 T_{gd} を逐次推定する排気温オブザーバ 19 と、その排ガス温度 T_{gd} の推定値等を用いて O_2 センサ 8 の素子部 10 の温度 T_{O_2} 及びセラミックヒータ 13 の温度 T_{ht} を推定する素子温オブザーバ 20（温度推定手段）と、素子部 10 の温度の目標値 R（目標温度）を設定する目標値設定手段 21 と、素子部 10 の温度 T_{O_2} 及びセラミックヒータ 13 の温度 T_{ht} の推定値、目標値 R、並びに排

20

25 ガス温度 T_{gd} の推定値等を用いてセラミックヒータ 13 の通電制御（セラミックヒータ 13 への供給電力の制御）を行うヒータコントロー

ラ 2 2 (ヒータ制御手段) とを備えている。尚、排気温オブザーバ 1 9
には、排ガス温度 T_{gd} の推定処理を行うために、エンジン 1 の回転数
NE、吸気圧 PB、及び大気温度 T_A の検出データが与えられる。また、
ヒータコントローラ 2 2 と、素子温オブザーバ 2 0 とには、それらの演
5 算処理を後述するように行うために、前記バッテリー電圧 VB の検出デー
タが与えられる。

ここで、本実施形態では、セラミックヒータ 1 3 は、図示を省略する
ヒータ通電回路にパルス電圧を付与することにより通電制御 (PWM 制
御) されるものであり、該セラミックヒータ 1 3 への供給電力は、その
10 パルス電圧のデューティ DUT (パルス電圧の 1 周期に対するパルス幅
の割合) を調整することによって制御できる。このため、ヒータコント
ローラ 2 2 は、上記ヒータ通電回路に付与するパルス電圧のデューティ
DUT をセラミックヒータ 1 3 を制御するための制御入力 (操作量) と
して逐次求め、このデューティ DUT を調整することにより、該セラミ
15 ックヒータ 1 3 への供給電力、ひいては、該ヒータ 1 3 の発熱量を制御
するようにしている。尚、ヒータコントローラ 2 2 が生成するデューテ
ィ DUT は、素子温オブザーバ 2 0 の演算処理でも使用される。

排気温オブザーバ 1 9 は、本実施形態では、エンジン 1 の排気ポート
2 から O_2 センサ 8 の配置箇所までの排気通路 3 (O_2 センサ 8 の上流
20 側の排気通路 3) を該排気通路 3 の延在方向 (排ガスの流れ方向) に沿
って複数 (本実施形態では例えば 4 個) の部分排気通路 3 a ~ 3 d に区
分けておき、所定のサイクルタイム (周期) で、排気ポート 2 (排気
通路 3 の入り口部分) における排ガスの温度と、各部分排気通路 3 a ~
3 d における排ガスの温度 (詳しくは各部分排気通路 3 a ~ 3 d の下流
25 端における排ガスの温度) とを上流側のものから順番に推定するもので
ある。これらの部分排気通路 3 a ~ 3 d のうち、部分排気通路 3 a, 3

bは、触媒装置4の上流側の排気通路3（排気管6aにより形成された排気通路）を2つに区分けしてなる部分排気通路であり、部分排気通路3cは、触媒装置4の入り口から出口までの部分排気通路（触媒装置4の触媒7の内部に形成された排気通路）、部分排気通路3dは、触媒装置4の出口からO₂センサ8の配置箇所までの排気管6bにより形成された部分排気通路である。この排気温度オブザーバ19のアルゴリズムは次のように構築されている。

まず、エンジン1の排気ポート2における排ガス温度は、エンジン1の定常的な運転状態（詳しくはエンジン1の回転数NE及び吸気圧PBが一定に維持される運転状態で）では、基本的にはエンジン1の回転数NEと吸気圧PBとに応じたものとなる。従って、排気ポート2における排ガス温度は、基本的にはエンジン1の運転状態を表すパラメータとしての回転数NE及び吸気圧PBの検出値から例えばあらかじめ実験等に基づいて定めたマップに基づいて推定することができる。但し、エンジン1の運転状態（回転数NEや吸気圧PB）が変動する場合には、排ガスと排気ポート2の近傍の壁部やエンジン1の燃焼室等との熱交換によって、排気ポート2における排ガス温度は、上記のようにマップにより求められる排ガス温度（以下、基本排ガス温度TMAP(NE, PB)という）に対して応答遅れを生じる。

そこで、本実施形態では、排気温度オブザーバ19は、所定のサイクルタイム（演算処理周期）毎に、エンジン1の回転数NE及び吸気圧PBの検出値（最新の検出値）から基本排ガス温度TMAP(NE, PB)をマップにより求めた後に、さらに排気ポート2における排ガス温度Texgを、次式（1）のように基本排ガス温度TMAP(NE, PB)に対して遅れ（一次遅れ）を伴って追従する値として逐次推定する。

$$Texg(k)=(1-Ktex) \cdot Texg(k-1)+Ktex \cdot TMAP(NE, PB) \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、式(1)中の k は、排気温オブザーバ19の演算処理周期の番数である。また、 $Ktex$ はあらかじめ実験等に基づき定められた係数(遅れ係数)であり、 $0 < Ktex < 1$ である。尚、本実施形態では、エンジン1の吸気圧 PB は、エンジン1の吸入空気量を表すパラメータとしての意味をもつものである。従って、例えば吸入空気量を直接的に検出するフローセンサが備えられている場合には、そのフローセンサの出力(吸入空気量の検出値)を吸気圧 PB の検出値の代わりに用いてもよい。また、排ガス温度 $Texg$ の推定値の初期値 $Texg(0)$ は、本実施形態では、後述するように、エンジン1の運転開始時(エンジン1の始動時)に大気温度センサ(図示省略)により検出された大気温度 T_A 、あるいは、機関温度センサ(図示省略)により検出された機関温度 TW (エンジン1の冷却水温)に設定される。

このようにして求められる排気ポート2の排ガス温度 $Texg$ の推定値を用いて、各部分排気通路3a~3dにおける排ガスの温度は以下に説明するように推定される。まず、説明の便宜上、一般的に、図5に示すように、大気中で Z 軸方向に延びる円管23内を流体が円管23の管壁と熱交換しながら流れる場合における熱伝達に関して説明する。ここで、流体温度 T_g 、管壁の温度 T_w (以下、円管温度 T_w という)が時刻 t と Z 軸方向の位置 z との関数 $T_g(t,z)$ 、 $T_w(t,z)$ であるとし、円管23の管壁の熱伝導率は径方向に無限大で、且つ Z 軸方向には「0」とであると仮定する。また、流体と円管23の管壁との間の熱伝達、並びに、円管23の管壁とその外部の大気との間の熱伝達は、ニュートンの冷却則に従ってそれぞれの温度差に比例するものとする。このとき、次式(2

－ 1)、(2－2) が成立する。

$$S_g \cdot \rho_g \cdot C_g \cdot \left(\frac{\partial T_g}{\partial t} + V \cdot \frac{\partial T_g}{\partial z} \right) = \alpha_1 \cdot U \cdot (T_w - T_g) \quad \dots\dots(2-1)$$

$$S_w \cdot \rho_w \cdot C_w \cdot \frac{\partial T_w}{\partial t} = \alpha_1 \cdot U \cdot (T_g - T_w) + \alpha_2 \cdot U \cdot (T_A - T_w) \quad \dots\dots(2-2)$$

ここで、 S_g 、 ρ_g 、 C_g はそれぞれ流体の密度、比熱、流路断面積、
 S_w 、 ρ_w 、 C_w はそれぞれ円管 2 3 の管壁の密度、比熱、断面積、 V
 5 は円管 2 3 を流れる流体の流速、 T_A は円管 2 3 の外部の大気温度であ
 る。また、 U は円管 2 3 の内周長、 α_1 は流体と円管 2 3 の管壁との間
 の熱伝達率、 α_2 は円管 2 3 の管壁と大気との間の熱伝達率である。尚、
 大気温度 T_A は、円管 2 3 の周囲で一定に維持されているとする。

これらの式 (2－1)、(2－2) を整理すると、次式 (3－1)、(3
 10 －2) が得られる。

$$\frac{\partial T_g}{\partial t} = -V \cdot \frac{\partial T_g}{\partial z} + a \cdot (T_w - T_g) \quad \dots\dots(3-1)$$

$$\frac{\partial T_w}{\partial t} = b \cdot (T_g - T_w) + c \cdot (T_A - T_w) \quad \dots\dots(3-2)$$

但し、これらの式 (3－1)、(3－2) において、 a 、 b 、 c は定数
 であり、 $a = \alpha_1 \cdot U / (S_g \cdot \rho_g \cdot c_g)$ 、 $b = \alpha_1 \cdot U / (S_w \cdot \rho$
 15 $w \cdot c_w)$ 、 $c = \alpha_2 \cdot U / (S_w \cdot \rho_w \cdot c_w)$ である。

式 (3－1) の右辺第 1 項は、位置 z での流体の流れ方向の温度勾配
 と流体の流速とに応じた流体温度 T_g の時間的变化率 (単位時間あたり
 の温度変化量) を表す移流項である。また、式 (3－1) の右辺第 2 項

は、位置 z での流体温度 T_g と円管温度 T_w との偏差に応じた流体温度 T_g の時間的変化率（単位時間当たりの温度変化量）、すなわち、流体と円管 2 3 の管壁との間の熱伝達に伴う流体温度 T_g の時間的変化率を表す熱伝達項である。従って、この式（3-1）は、位置 z での流体温度 T_g の時間的変化率 $\partial T_g / \partial t$ が、上記移流項の温度変化成分と、上記熱伝達項の温度変化成分とに応じたもの（それらの温度変化成分の総和）になるということを示すものである。

また、式（3-2）の右辺第 1 項は、位置 z での円管温度 T_w と流体温度 T_g との偏差に応じた円管温度 T_w の時間的変化率（単位時間当たりの温度変化量）、すなわち、位置 z での流体と円管 2 3 の管壁との間の熱伝達に伴う円管温度 T_w の時間的変化率を表す熱伝達項である。また、式（3-2）の右辺第 2 項は、位置 z での円管温度 T_w と外部の大気温度 T_A との偏差に応じた円管温度 T_w の時間的変化率（単位時間当たりの温度変化量）、すなわち、位置 z での円管 2 3 の管壁から大気への放熱に応じた円管温度 T_w の時間的変化率を表す放熱項である。そして、式（3-2）は、位置 z での円管温度 T_w の時間的変化率 $\partial T_w / \partial t$ が、上記熱伝達項の温度変化成分と放熱項の温度変化成分とに応じたもの（それらの温度変化成分の総和）になるということを示すものである。

これらの式（3-1）、（3-2）を差分法によって書き改めて整理すると次式（4-1）、（4-2）が得られる。

$$T_g(t+\Delta t, z) = T_g(t, z) - \frac{V \cdot \Delta t}{\Delta z} \cdot (T_g(t, z) - T_g(t, z - \Delta z)) \\ + a \cdot \Delta t \cdot (T_w(t, z) - T_g(t, z)) \quad \cdots \cdots (4-1)$$

$$T_w(t+\Delta t, z) = T_w(t, z) + b \cdot \Delta t \cdot (T_g(t, z) - T_w(t, z)) \\ + c \cdot \Delta t \cdot (T_A - T_w(t, z)) \quad \cdots \cdots (4-2)$$

これらの式（４－１）、（４－２）は、位置 z 、時刻 t での流体温度 $T_g(t, z)$ 及び円管温度 $T_w(t, z)$ と、位置 z の直前（上流側）の位置 $z - \Delta z$ における時刻 t での流体温度 $T_g(t, z - \Delta z)$ とが判れば、位置 z における
 5 次の時刻 $t + \Delta t$ での流体温度 $T_g(t + \Delta t, z)$ 、 $T_w(t + \Delta t, z)$ を求めることができ、さらにこれらの式を直列的に連立させることで、位置 $z + \Delta z$ 、 $z + 2\Delta z$ 、 \cdots での流体温度 T_g 及び円管温度 T_w を順番に求めることができることを意味する。つまり、各位置 z 、 $z + \Delta z$ 、 $z + 2\Delta z$ 、 \cdots での
 10 T_g 、 T_w の初期値（ $t = 0$ での初期値）を与えるとともに、円管 23 の Z 軸方向の任意の原点（例えば円管 23 の入り口）の流体温度 $T_g(t, 0)$ を与えれば（ここでは $z - \Delta z = 0$ とする）、位置 z 、 $z + \Delta z$ 、 $z + 2\Delta z$ 、 \cdots における各時刻 t 、 $t + \Delta t$ 、 $t + 2\Delta t$ 、 \cdots での T_g 、 T_w を算出できる。

この場合、位置 z での流体温度 $T_g(t, z)$ は、所定時間毎に、流速 V と位置 z での温度勾配とに応じた温度変化成分（式（４－１）の第 2 項が
 15 表す温度変化成分）と、位置 z での流体温度 T_g と円管温度 T_w との偏差に応じた温度変化成分（式（４－１）の第 3 項が表す温度変化成分）とを、初期値 $T_g(0, z)$ に累積加算（積分）することにより算出できる。他の位置 $z + \Delta z$ 、 $z + 2\Delta z$ 、 \cdots についても同様である。また、位置 z での円管温度 $T_w(t, z)$ は、所定時間毎に、位置 z での流体温度 T_g と円管
 20 温度 T_w との偏差に応じた温度変化成分（式（４－２）の第 2 項が表す温度変化成分）と、位置 z での円管温度 T_w と大気温度 T_A と偏差に応

じた温度変化成分（式（4-2）の第3項が表す温度変化成分）を、初期値 $T_w(0,z)$ に累積加算（積分）することにより算出できる。

そこで、本実施形態では、排気温オブザーバ19は、式（4-1）、（4-2）のモデル式を基本式として用い、各部分排気通路3a～3d
5 における排ガスの温度を次のようにして求める。

まず、部分排気通路3a～3dのうち、部分排気通路3a、3bは、いずれも排気管6aを通路形成物として形成されている。そして、本実施形態では、これらの部分排気通路3a、3bにおける排ガスの温度を推定するために、前記円管23に関して説明した場合と同様に、排ガス
10 の流速と温度勾配（排ガスの流れ方向での温度勾配）とに応じた温度変化と、排ガスと排気管6aとの間の熱伝達と、排気管6aから大気への放熱とを考慮する。

この場合、部分排気通路3aにおける排ガス温度 T_{ga} の推定値は、部分排気通路3aにおける排気管6aの温度 T_{wa} （以下、排気管温度
15 T_{wa} という）の推定値と併せて、排気温オブザーバ19の処理のサイクルタイム毎に、次のモデル式（5-1）、（5-2）により求められる。また、部分排気通路3bにおける排ガスの温度 T_{gb} の推定値は、部分排気通路3bにおける排気管温度 T_{wb} の推定値と併せて、排気温オブザーバ19の処理のサイクルタイム毎に、次のモデル式（6-1）、（6-2）により求められる。尚、式（5-1）、（5-2）により求められる排ガス温度 T_{ga} 及び排気管温度 T_{wa} はより詳しくは、部分排気通路3aの下流端近傍における温度の推定値である。同様に、式（6-1）、（6-2）により求められる排ガス温度 T_{gb} 及び排気管温度 T_{wb} はより詳しくは、部分排気通路3bの下流端近傍における温度の推定値である。
25

$$T_{ga}(k+1) = T_{ga}(k) - V_g \cdot \frac{dt}{L_a} \cdot (T_{ga}(k) - T_{exg}(k)) + A_a \cdot dt \cdot (T_{wa}(k) - T_{ga}(k))$$

.....(5-1)

$$T_{wa}(k+1) = T_{wa}(k) + B_a \cdot dt \cdot (T_{ga}(k) - T_{wa}(k)) + C_a \cdot dt \cdot (T_A(k) - T_{wa}(k))$$

.....(5-2)

$$T_{gb}(k+1) = T_{gb}(k) - V_g \cdot \frac{dt}{L_b} \cdot (T_{gb}(k) - T_{ga}(k)) + A_b \cdot dt \cdot (T_{wb}(k) - T_{gb}(k))$$

.....(6-1)

$$T_{wb}(k+1) = T_{wb}(k) + B_b \cdot dt \cdot (T_{gb}(k) - T_{wb}(k)) + C_b \cdot dt \cdot (T_A(k) - T_{wb}(k))$$

.....(6-2)

これらの式(5-1)、(5-2)、(6-1)、(6-2)中のdtは、排気温度オブザーバ19の処理の周期(サイクルタイム)であり、前記式

5 (4-1)、(4-2)のΔtに相当する。このdtの値はあらかじめ定められている。また、式(5-1)、(6-1)中のLa、Lbはそれぞれ部分排気通路3a、3bの長さ(固定値)であり、前記式(4-1)のΔzに相当する。また、式(5-1)、(5-2)中のAa、Ba、Ca、並びに式(6-1)、(6-2)中のAb、Bb、Cbは、それぞれ

10 式(4-1)、(4-2)のa、b、cに相当するモデル係数であり、それらの値はあらかじめ実験やシミュレーションに基づいて設定(同定)される。また、式(5-1)、(6-1)中のVgは排ガスの流速を示すパラメータ(これは後述するように求められる)であり、式(4-1)のVに相当するものである。

15 ここで、式(5-1)により排ガス温度Tgaの新たな推定値Tga(k+1)を算出するために必要な排ガス温度Texg(k)(排気ポート2における排ガス温度)は、基本的には前記式(1)により求められた最新値が用いられる。同様に、式(6-1)により排ガス温度Tgbの新たな

な推定値 $T_{gb}(k+1)$ を算出するために必要な排ガス温度 $T_{ga}(k)$ (部分排気通路 3 a における排ガス温度) は、基本的には前記式 (5-1) により求められた最新値が用いられる。また、式 (5-2)、(6-2) の演算に必要な大気温度 $T_A(k)$ は、図示しない大気温度センサ (これは本実施形態ではエンジン 1 に備えられたセンサが代用的に用いられる) により検出された大気温度 T_A の最新値が用いられる。さらに、式 (5-1)、(6-1) の演算に必要な流速パラメータ V_g は、本実施形態では、エンジン 1 の回転数 NE 及び吸気圧 PB の最新の検出値から、次式 (7) により算出された値が用いられる。

$$V_g = \frac{NE}{NEBASE} \cdot \frac{PB}{PBBASE} \quad \dots\dots(7)$$

この式 (7) 中の $NEBASE$ 、 $PBBASE$ は、それぞれあらかじめ定められた所定回転数、所定吸気圧であり、それぞれ例えばエンジン 1 の最大回転数、760 mmHg (\approx 101 kPa) に設定されている。この式 (7) により算出される流速パラメータ V_g は排ガスの流速に比例し、また、 $V_g \leq 1$ となる。

尚、排ガス温度 T_{ga} 及び排気管温度 T_{wa} 、並びに排ガス温度 T_{gb} 及び排気管温度 T_{wb} のそれぞれの推定値の初期値 $T_{ga}(0)$ 、 $T_{wa}(0)$ 、 $T_{gb}(0)$ 、 $T_{wb}(0)$ は、本実施形態では、後述するように、エンジン 1 の運転開始時 (エンジン 1 の始動時) に前記大気温度センサ (図示省略) により検出された大気温度 T_A 、あるいは、機関温度センサ (図示省略) により検出された機関温度 TW (エンジン 1 の冷却水温) に設定される。

次に、部分排気通路 3 c は、触媒装置 4 の触媒 7 を通路形成物として

形成された排気通路である。そして、この触媒 7 はその排ガス浄化作用（詳しくは酸化・還元反応）によって自己発熱を伴い、その発熱量（単位時間当たりの発熱量）は概ね排ガスの流速に比例する。これは、排ガスの流速が大きい程、単位時間当たりに触媒 7 と反応する排ガス成分が多くなるためである。

そこで、本実施形態では、部分排気通路 3 c における排ガス温度の推定に関しては、その推定を精度よく行うために、排ガスの流速と温度勾配とに応じた温度変化と、排ガスと触媒装置 4 の触媒 7 との間の熱伝達と、該触媒 7 から大気への放熱とを考慮することに加えて、さらに、該触媒 7 の自己発熱を考慮する。

この場合、部分排気通路 3 c における排ガス温度 T_{gc} の推定値は、部分排気通路 3 c を形成する触媒 7 の温度 T_{wc} （以下、触媒温度 T_{wc} という）の推定値と併せて、排気温オブザーバ 19 の処理のサイクルタイム毎に、次のモデル式（8-1）、（8-2）により求められる。尚、式（8-1）により求められる排ガス温度 T_{gc} 及び触媒温度 T_{wc} はより詳しくは、部分排気通路 3 a の下流端（触媒装置 4 の出口近傍）における温度の推定値である。

$$T_{gc}(k+1) = T_{gc}(k) - V_g \cdot \frac{dt}{L_c} \cdot (T_{gc}(k) - T_{gb}(k)) + A_c \cdot dt \cdot (T_{wc}(k) - T_{gc}(k)) \quad \dots\dots(8-1)$$

$$T_{wc}(k+1) = T_{wc}(k) + B_c \cdot dt \cdot (T_{gc}(k) - T_{wc}(k)) + C_c \cdot dt \cdot (T_A(k) - T_{wc}(k)) + D_c \cdot dt \cdot V_g \quad \dots\dots(8-2)$$

式（8-1）中の L_c は部分排気通路 3 c の長さ（固定値）であり、

前記式(4-1)の Δz に相当する。また、式(8-1)、(8-2)中の A_c 、 B_c 、 C_c は、それぞれ式(4-1)、(4-2)の a 、 b 、 c に相当するモデル係数であり、それらの値はあらかじめ実験やシミュレーションに基づいて設定(同定)される。また、式(8-2)の右辺第4項は、触媒装置4の触媒7の自己発熱による触媒7の温度変化成分(排気温度オブザーバ19の処理の1周期当たりの温度変化量)を示すものであり、流速パラメータ V_g に比例する。そして、この第4項の D_c は、前記 $A_c \sim C_c$ と同様に、その値があらかじめ実験やシミュレーションに基づいて設定(同定)されるモデル係数である。従って、式(8-2)は、前記式(4-2)の右辺に、さらに通路形成物(ここでは触媒7)の自己発熱に伴う温度変化成分を付加したものに相当する。

尚、式(8-1)、(8-2)中の dt 、 V_g の意味及びその値は、前記式(5-1)～(6-2)のものと同一である。また、式(8-2)の演算で用いる T_A の値は、前記式(5-2)、(6-2)で用いるものと同一である。さらに、排ガス温度 T_{gc} 及び触媒温度 T_{wc} の初期値 $T_{gc}(0)$ 、 $T_{wc}(0)$ は、本実施形態では、式(5-1)～(6-2)の場合と同様、エンジン1の運転開始時における大気温度 T_A の検出値、あるいは機関温度 TW の検出値である。

次に、部分排気通路3dは、それを形成する通路形成物が、前記部分排気通路3a、3bと同様の排気管6bである。従って、この部分排気通路3dの排気温度 T_{gd} 及び排気管温度 T_{wd} (より詳しくは部分排気通路3dの下流端における温度)は、前記式(5-1)～(6-2)と同様の次のモデル式(9-1)、(9-2)により求められる。

$$T_{gd}(k+1) = T_{gd}(k) - V_g \cdot \frac{dt}{L_d} \cdot (T_{gd}(k) - T_{gc}(k)) + A_d \cdot dt \cdot (T_{wd}(k) - T_{gd}(k))$$

.....(9-1)

$$T_{wd}(k+1) = T_{wd}(k) + B_d \cdot dt \cdot (T_{gd}(k) - T_{wd}(k)) + C_d \cdot dt \cdot (T_A(k) - T_{wd}(k))$$

.....(9-2)

式(9-1)中の L_d は部分排気通路3dの長さ(固定値)であり、前記式(4-1)の Δz に相当する。また、式(9-1)、(9-2)中の A_d 、 B_d 、 C_d は、それぞれ式(4-1)、(4-2)の a 、 b 、 c に相当するモデル係数であり、それらの値はあらかじめ実験やシミュレーションに基づいて設定(同定)される。

尚、式(9-1)、(9-2)中の dt 、 V_g の意味及びその値は、前記式(5-1)～(6-2)のものと同一である。また、式(9-2)の演算で用いる T_A の値は、前記式(5-2)、(6-2)、(8-2)で用いるものと同一である。さらに、排ガス温度 T_{gd} 及び触媒温度 T_{wd} の推定値の初期値 $T_{gd}(0)$ 、 $T_{wd}(0)$ は、式(5-1)～(6-2)の場合と同様、エンジン1の運転開始時における大気温度 T_A の検出値、あるいは機関温度 TW の検出値である。

以上説明した排気温オブザーバ19の処理によって、各サイクルタイム毎に、エンジン1の排気ポート2及び各部分排気通路3a～3dの排ガス温度 T_{exe} 、 T_{ga} 、 T_{gb} 、 T_{gc} 、 T_{gd} の推定値が上流側から順番に求められる。この場合、最下流側の部分排気通路3dの排ガス温度 T_{gd} の推定値は、 O_2 センサ8の配置箇所近傍での排ガスの温度に相当するものとなり、該排ガス温度 T_{gd} の推定値が O_2 センサ8の配置箇所近傍での排ガス温度の推定値として得られる。本実施形態では、この排ガス温度 T_{gd} の推定値が、本発明における排ガス温度データに相当するものである。

上記排気温オブザーバ 19 の推定処理のアルゴリズムをブロック図で表すと、図 6 に示すように表される。同図 6 では、前記式 (1) のモデル式を排気ポート熱モデル 24、前記式 (5-1) 及び (5-2) のモデル式と、式 (6-1) 及び (6-2) のモデル式とをそれぞれ CAT 5 前排気系熱モデル 25、26、式 (8-1) 及び (8-2) のモデル式を CAT 部排気系熱モデル 27、式 (9-1) 及び (9-2) のモデル式を CAT 後排気系熱モデル 28 と称している。同図示のように、各熱モデル 24~28 には、エンジン 1 の回転数 NE 及び吸気圧 PB の検出値が与えられる。尚、排気ポート熱モデル 24 に与えられる NE、PB 10 は、基本排ガス温度 TMAP を求めるためのものであり、排気系熱モデル 25~28 に与えられる NE、PB は、前記流速パラメータ Vg の値を求めるためのものである。さらに、排気系熱モデル 25~28 には、大気温度 T_A の検出値が与えられる。そして、CAT 前排気系熱モデル 25、CAT 前排気系熱モデル 26、CAT 部排気系熱モデル 27、CAT 後排気系熱モデル 28 には、それぞれの一つ上位側の熱モデル 24、25、26、27 の出力としての排ガス温度 T_{exg} 、 T_{ga} 、 T_{gb} 、 T_{gc} の推定値がそれぞれ与えられ、最終的に CAT 後排気系熱モデル 28 により、 O_2 センサ 8 の配置箇所近傍での排ガス温度 T_{gd} の推定値（排ガス温度データ）が得られる。

20 尚、本実施形態では、各部分排気通路 3a~3d の通路形成物（排気管 6a、触媒装置 4 の触媒 7、排気管 6b）の温度を推定するために、エンジン 1 に備えた大気温度センサの検出値を代用するようにしたが、排気通路 3 の外方に大気温度センサを別途配置しておき、その大気温度センサの検出値を用いるようにしてもよい。

25 次に前記素子温オブザーバ 20 について説明する。素子温オブザーバ 20 は、本実施形態では、 O_2 センサ 8 の素子部 10 とこれに接触する

排ガスとの間の熱伝達、素子部 10 からその内部の空気への放熱、並びに、該素子部 10 とこれを加熱するセラミックヒータ 13（以下、単にヒータ 13 という）との間の熱伝達を考慮して素子部 10 の温度 T_{O2} を所定のサイクルタイムで逐次推定するものである。そして、この推定
 5 を行うためにヒータ 13 の温度 T_{ht} の推定も併せて行うようにしている。この場合、ヒータ 13 の温度 T_{ht} の推定処理においては、該ヒータ 13 と素子部 10 との間の熱伝達、並びにヒータ 13 から素子部 10 の内部の空気への放熱を考慮すると共に、該ヒータ 13 への電力供給に伴う該ヒータ 13 の発熱を考慮する。このような推定処理を行う素子温
 10 オブザーバ 20 の推定アルゴリズムは以下に説明するように構築されている。

すなわち、素子温オブザーバ 20 は、 O_2 センサ 8 の素子部 10 の温度 T_{O2} （以下、素子温度 T_{O2} という）の推定値と、ヒータ 13 の温度 T_{ht} （以下、ヒータ温度 T_{ht} という）の推定値とを、それぞれ次のモデル式（10-1）、（10-2）によりそれぞれ所定のサイクルタイム
 15 で逐次求める。式（10-1）は、素子温モデルの式であり、式（10-2）はヒータ温モデルの式である。

$$\begin{aligned}
 T_{O2}(k+1) = & T_{O2}(k) + A_x \cdot dt \cdot (T_{gd}(k) - T_{O2}(k)) \\
 & + B_x \cdot dt \cdot (T_{ht}(k) - T_{O2}(k)) - E_x \cdot dt \cdot (T_{O2}(k) - T_{A'}(k)) \\
 & \dots\dots (10-1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{ht}(k+1) = & T_{ht}(k) - C_x \cdot dt \cdot (T_{ht}(k) - T_{O2}(k)) \\
 & - F_x \cdot dt \cdot (T_{ht}(k) - T_{A'}(k)) + D_x \cdot dt \cdot DUT(k) \cdot \frac{VB(k)^2}{NVB^2} \\
 & \dots\dots (10-2)
 \end{aligned}$$

式（10-1）は、サイクルタイム毎の素子部 10 の温度変化量が、

5 O_2 センサ 8 の配置箇所近傍での排ガス温度 T_{gd} (前記部分排気通路 3 d の排ガス温度) と素子温度 T_{O_2} との偏差に応じた温度変化成分 (式 (10-1) の右辺第 2 項)、すなわち、素子部 10 とこれに接触する排ガスとの間の熱伝達に伴う温度変化成分と、素子温度 T_{O_2} とヒータ温度 T_{ht} との偏差に応じた温度変化成分 (式 (10-1) の右辺第 3 項)、すなわち、素子部 10 とセラミックヒータ 13 との間の熱伝達に伴う温度変化成分と、素子温度 T_{O_2} と素子部 10 の内部の空気の温度 T_A' との偏差に応じた温度変化成分 (式 (10-1) の右辺第 4 項)、すなわち、素子部 10 からその内部の空気への放熱に伴う温度変化成分
10 とに応じたもの (それらの温度変化成分の総和) になるということを示している。

また、式 (10-2) は、サイクルタイム毎のヒータ 13 の温度変化量が、素子温度 T_{O_2} とヒータ温度 T_{ht} との偏差に応じた温度変化成分 (式 (10-2) の右辺第 2 項)、すなわち、素子部 10 とヒータ 13
15 との間の熱伝達に伴う温度変化成分と、ヒータ温度 T_{ht} と素子部 10 の内部の空気の温度 T_A' との偏差に応じた温度変化成分 (式 (10-2) の右辺第 3 項)、すなわちヒータ 13 から素子部 10 の内部の空気への放熱に伴う温度変化成分と、ヒータコントローラ 22 が後述するように生成するデューティ DUT (より正確には、ヒータコントローラ 22 がヒータ 13 の通電を制御するために実際に用いるデューティ DUT) とバッテリー電圧 VB の 2 乗値 VB^2 との積に応じた温度変化成分 (式 (10-2) の右辺第 4 項)、すなわちヒータ 13 への電力供給による該ヒータ 13 の発熱に伴う温度変化成分とに応じたもの (それらの温度変化成分の総和) になるということを示している。

25 尚、式 (10-1)、(10-2) 中の A_x , B_x , C_x , D_x , E_x , F_x は、その値があらかじめ実験やシミュレーションに基づいて設定

(同定) されるモデル係数である。また、 dt は素子温オブザーバ 20 の処理の周期 (サイクルタイム) であり、本実施形態では前述の排気温オブザーバ 19 の処理のサイクルタイム (前記式 (5-1) ~ (9-2) の dt) と同一の値に設定されている。また、式 (10-2) 中の

5 NVB は、バッテリー電圧 V_B のあらかじめ定めた基準値 (例えば 14 V) である。該基準値は、基本的にはバッテリー電圧 V_B の標準的な電圧 (通常的に採り得る電圧) で任意に設定すればよい。

ここで、式 (10-2) の右辺第 4 項に関して補足説明をしておくと、ヒータ 13 の PWM 制御のデューティを一定とし、また、ヒータ 13 の

10 通電抵抗値が一定であるとしたとき、ヒータ 13 の供給電力は、ヒータ 13 の印加電圧の 2 乗に比例し、該印加電圧は、バッテリー電圧 V_B に比例する。また、デューティ DUT は、PWM 制御用のパルス電圧の 1 周期当たりのヒータ 13 の通電時間を規定するものである。従って、この

15 デューティ DUT とバッテリー電圧 V_B の 2 乗値 V_B^2 との積がヒータ 13 への供給電力に比例するものとなる。そして、バッテリー電圧 V_B は、例えば、バッテリーの充電用のオルタネータの ON/OFF 等によって変動する。そこで、式 (10-2) では、ヒータ 13 への電力供給による該ヒータ 13 の発熱に伴う温度変化成分を得るために、デューティ DUT とバッテリー電圧 V_B の 2 乗値 V_B^2 とを乗算するようにしている。

20 尚、式 (10-2) の演算に必要なデューティ $DUT(k)$ は、ヒータコントローラ 22 がヒータ 13 の通電制御 (PWM 制御) を行うために実際に使用したデューティ DUT の最新値が用いられる。また、式 (10-1), (10-2) の演算に必用な素子部 10 内の空気の温度 $T_A'(k)$ は、本実施形態では、前記大気温度センサにより検出された大気温度 T_A の最新値が代用的に用いられる。従って、本実施形態では $T_A'(k) =$

25 $T_A(k)$ である。さらに、素子温度 T_{o2} 及びヒータ温度 T_{ht} の推定値の

初期値 $T_{O_2}(0)$ 、 $T_{ht}(0)$ は、本実施形態では、後述するように、エンジン 1 の運転開始時における大気温度 T_A の検出値あるいは機関温度 T_W の検出値である。

以上説明したアルゴリズムにより、素子温オブザーバ 20 は、素子温度 T_{O_2} 及びヒータ温度 T_{ht} の推定値を逐次算出する。尚、素子温度 T_{O_2} の推定値、ヒータ温度 T_{ht} の推定値は、それぞれ本発明における素子温度データ、ヒータ温度データに相当するものである。

次に前記ヒータコントローラ 22 について説明する。ヒータコントローラ 22 は、基本的には、最適予見制御アルゴリズムによりヒータ 13 に対する制御入力（操作量）としてのデューティ DUT を逐次生成し、そのデューティ DUT でヒータ 13 への供給電力を制御するものである。

この場合、本実施形態では、素子温度 T_{O_2} とそれに対する目標値との偏差と、その偏差の所定時間毎の変化量（これは偏差の変化速度に相当する）と、ヒータ温度 T_{ht} の所定時間毎の変化量（これはヒータ温度 T_{ht} の変化速度に相当する）とに着目し、これらをヒータコントローラ 22 の制御対象に係わる状態量として、該制御対象のモデル式を導入している。そして、ヒータコントローラ 22 のアルゴリズム（最適予見制御アルゴリズム）は以下に説明するように構築されている。尚、本実施形態では、以下に説明する最適予見制御アルゴリズムにより生成するデューティ（制御入力）は、より正確に言えば、バッテリー電圧 V_B が前記式（10-2）に示した基準値 NVB に一定に維持されているとした場合に素子温度 T_{O_2} を目標値に制御するために要求されるデューティである。そこで、以下に説明する最適予見制御アルゴリズムにより生成するデューティを基本デューティ $SDUT$ もしくは基本制御入力 $SDUT$ と称する。

まず、制御対象のモデル式について説明する。素子温度 T_{O_2} 及びヒ

一タ温度 T_{ht} の所定時間毎の変化量 ΔT_{o2} 、 ΔT_{ht} に着目すると、これらの変化量 ΔT_{o2} 、 ΔT_{ht} は、それぞれ素子温オブザーバ 20 に係
 5 (10-1)、(10-2) に基づいて、次式 (11-1)、(11-2) 式により与えられる。ここで、式 (11-2) は、式
 (10-2) において $VB(k)=NVB$ とし、また、DUT を SDUT で置き
 換えた式から導出されている。また、式 (11-1)、(11-2) を導
 出するにあたっては、少なくともヒータコントローラ 22 の処理の 1 サ
 イクルタイム内では、素子部 10 の内部の温度 T_A' は一定に維持され
 て変化しない、すなわち、 $T_A'(k+1)=T_A'(k)$ としている。

$$\begin{aligned}\Delta T_{o2}(k+1) &= \Delta T_{o2}(k) + A_x \cdot dt \cdot (\Delta T_{gd}(k) - \Delta T_{o2}(k)) \\ &\quad + B_x \cdot dt \cdot (\Delta T_{ht}(k) - \Delta T_{o2}(k)) - E_x \cdot dt \cdot \Delta T_{o2}(k) \\ &= (1 - A_x \cdot dt - B_x \cdot dt - E_x \cdot dt) \cdot \Delta T_{o2}(k) \\ &\quad + A_x \cdot dt \cdot \Delta T_{gd}(k) + B_x \cdot dt \cdot \Delta T_{ht}(k) \\ &\quad \dots\dots (11-1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_{ht}(k+1) &= \Delta T_{ht}(k) - C_x \cdot dt \cdot (\Delta T_{ht}(k) - \Delta T_{o2}(k)) \\ &\quad - F_x \cdot dt \cdot \Delta T_{ht}(k) + D_x \cdot dt \cdot \Delta SDUT(k) \\ &= (1 - C_x \cdot dt - F_x \cdot dt) \cdot \Delta T_{ht}(k) + C_x \cdot dt \cdot \Delta T_{o2}(k) \\ &\quad + D_x \cdot dt \cdot \Delta SDUT(k) \quad \dots\dots (11-2)\end{aligned}$$

10

尚、これらの式 (11-1)、(11-2) において、 $\Delta T_{o2}(k) = T_{o2}(k+1) - T_{o2}(k)$ 、 $\Delta T_{ht}(k) = T_{ht}(k+1) - T_{ht}(k)$ 、 $\Delta T_{gd}(k) = T_{gd}(k+1) - T_{gd}(k)$ 、 $\Delta SDUT(k) = SDUT(k+1) - SDUT(k)$ である。

次に、素子温度 T_{o2} の目標値 (目標温度) を R とし、それらの間の
 15 偏差 e (所定のサイクルタイム毎の偏差。以下、素子温偏差 e という)
 を次式 (12) により定義する。

$$e(k) = T_{o2}(k) - R(k) \quad \dots\dots (12)$$

このとき、この素子温偏差 e のサイクルタイム毎の変化量 Δe （以下、素子温偏差変化量 Δe という）は、前記式（11-1）、（12）に基づいて、次式（13）により与えられる。

$$\begin{aligned}\Delta e(k+1) &= \Delta T_{02}(k+1) - \Delta R(k+1) \\ &= (1 - A_x \cdot dt - B_x \cdot dt - E_x \cdot dt) \cdot \Delta e(k) + A_x \cdot dt \cdot \Delta T_{gd}(k) \\ &\quad + B_x \cdot dt \cdot \Delta T_{ht}(k) - \Delta R(k+1) + (1 - A_x \cdot dt - B_x \cdot dt - E_x \cdot dt) \cdot \Delta R(k) \\ &\quad \dots\dots(13)\end{aligned}$$

5 尚、式（13）において、 $\Delta e(k) = e(k+1) - e(k)$ 、 $\Delta R(k) = R(k+1) - R(k)$ である。また、この式（13）の導出過程においては、 $\Delta T_{02} = \Delta e(k) + \Delta R(k)$ という関係式（これは式（12）に基づく）が用いられている。

10 さらに、前記式（11-2）に、 $\Delta T_{02} = \Delta e(k) + \Delta R(k)$ という関係式を適用して整理すると、次式（14）が得られる。

$$\begin{aligned}\Delta T_{ht}(k+1) &= (1 - C_x \cdot dt - F_x \cdot dt) \cdot \Delta T_{ht}(k) + C_x \cdot dt \cdot \Delta e(k) \\ &\quad + D_x \cdot dt \cdot \Delta SDUT(k) + C_x \cdot dt \cdot \Delta R(k) \dots\dots(14)\end{aligned}$$

15 ここで、状態量ベクトル $X_0(k) = (e(k), \Delta e(k), \Delta T_{ht}(k))^T$ を導入すると（ T は転置を意味する）、前記式（14）、（15）と、 $e(k+1) = e(k) + \Delta e(k)$ という関係式とから、次式（15）が得られる。

$$X0(k+1) = \Phi \cdot X0(k) + G \cdot \Delta SDUT(k) + Gd \cdot \Delta Tgd(k) + Gr \cdot R0(k+1) \quad \dots\dots(15)$$

$$\text{但し、} \quad X0(k) = (e(k), \Delta e(k), \Delta Tht(k))^T$$

$$R0(k+1) = (\Delta R(k+1), \Delta R(k))^T$$

$$G = (0, 0, Dx \cdot dt)^T$$

$$Gd = (0, Ax \cdot dt, 0)^T$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 - Ax \cdot dt - Bx \cdot dt - Ex \cdot dt & Bx \cdot dt \\ 0 & Cx \cdot dt & 1 - Cx \cdot dt - Fx \cdot dt \end{bmatrix}$$

$$Gr = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -1 & 1 - Ax \cdot dt - Bx \cdot dt - Ex \cdot dt \\ 0 & Cx \cdot dt \end{bmatrix}$$

尚、式（１５）中の $R0$ 、 G 、 Gd は、それぞれ同式（１５）の但し書きで定義されたベクトルであり、 Φ 、 Gr はそれぞれ同式（１５）の但し書きで定義された行列である。

- 5 この式（１５）が、ヒータコントローラ２２の制御処理に係わる制御対象のモデルの基本式である。

ところで、上述の説明は、ヒータコントローラ２２による制御処理の周期を前記排気温オブザーバ１９や素子温オブザーバ２０の演算処理の周期 dt と同一として行っている。このため式（１５）のベクトル G 、

- 10 Gd 並びに行列 Φ 、 Gr では、 dt が用いられている。この場合、排気温オブザーバ１９や素子温オブザーバ２０の演算処理は、温度推定の精度を高めるために、比較的早い周期（例えば２０～５０ msec の周期）で行うことが望ましい。しかるに、ヒータコントローラ２２の制御処理に関しては、制御入力（デューティ DUT ）に対する素子温度の変化の応
- 15 答速度が比較的遅い（周波数換算で数 Hz 程度）ため、該制御処理の周期は、排気温オブザーバ１９や素子温オブザーバ２０の演算処理の周期

dt よりも長くてよい。また、後述する本実施形態の最適予見制御では、素子温度 T_{o2} の目標値 R の未来値を一定時間分、記憶保持しておく必要があるため、ヒータコントローラ 22 の制御処理の周期が短いと、目標値 R に対するメモリの記憶容量が大きくなる。

- 5 そこで、本実施形態では、ヒータコントローラ 22 の制御処理の周期（サイクルタイム）は、排気温オブザーバ 19 や素子温オブザーバ 20 の演算処理の周期 dt よりも長い値 dtc （例えば 300～500 msec）に設定している。

- 10 このため、本実施形態では、ヒータコントローラ 22 の制御対象のモデル式は、ヒータコントローラ 22 の制御処理の周期 dtc を用いて、前記式（15）から次式（16）に書き改められる。

$$X0(n+1) = \Phi \cdot X0(n) + G \cdot \Delta SDUT(n) + Gd \cdot \Delta Tgd(n) + Gr \cdot R0(n+1) \quad \dots\dots(16)$$

$$\text{但し、 } X0(n) = (e(n), \Delta e(n), \Delta Tht(n))^T$$

$$R0(n+1) = (\Delta R(n+1), \Delta R(n))^T$$

$$G = (0, 0, Dx \cdot dtc)^T$$

$$Gd = (0, Ax \cdot dtc, 0)^T$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 - Ax \cdot dtc - Bx \cdot dtc - Ex \cdot dtc & Bx \cdot dtc \\ 0 & Cx \cdot dtc & 1 - Cx \cdot dtc - Fx \cdot dtc \end{bmatrix}$$

$$Gr = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -1 & 1 - Ax \cdot dtc - Bx \cdot dtc - Ex \cdot dtc \\ 0 & Cx \cdot dtc \end{bmatrix}$$

- この式（16）がヒータコントローラ 22 の制御処理のアルゴリズムで実際に用いる制御対象のモデル式である。ここで、この式（16）中の n はヒータコントローラ 22 の制御処理の周期 dtc の番数を示すも
- 15

のである。

このモデル式を用いてヒータコントローラ 22 の制御処理のアルゴリズム（最適予見制御のアルゴリズム）は次のように構築されている。前記式（16）のモデル式に対して、素子温度 T_{O2} の目標値 R が M_r ステップ後（ヒータコントローラ 22 の制御処理の周期 d_{tc} の M_r 倍の時間後）の未来まで設定されており、また、外乱入力となる排ガス温度 T_{gd} が M_d ステップ後（ヒータコントローラ 22 の制御処理の周期 d_{tc} の M_d 倍の時間後）の未来まで判っているとする。尚、以下の説明では、 M_r を目標値予見時間、 M_d を排ガス温度予見時間と称する。これらの予見時間 M_r , M_d は、ヒータコントローラ 22 の制御処理の 1 周期 d_{tc} を単位として表した整数値である。

このとき、次式（17）の評価関数 J_0 の値を最小化するような制御入力 $\Delta SDUT$ （モデル式（16）における制御入力）を生成するコントローラが最適予見サーボコントローラとなる。

$$J_0 = \sum_{n=-M+1}^{\infty} [X_0^T(n) \cdot Q_0 \cdot X_0(n) + \Delta SDUT^T(n) \cdot H_0 \cdot \Delta SDUT(n)] \cdots \cdots (17)$$

15

ここで、式（17）における M は、目標値予見時間 M_r 、排ガス温度予見時間 M_d のうちのいずれか大きい方の値、すなわち、 $M = \max(M_r, M_d)$ である。また、 Q_0 , H_0 は、それぞれ状態量ベクトル X_0 の収束性、制御入力 $\Delta SDUT$ のパワー（大きさ）を調整するための重み行列である。この場合、 X_0 は 3 次のベクトルであるので、 Q_0 は 3 行 3 列の対角行列である。また、 $\Delta SDUT$ はスカラーであるので、 H_0 もスカラーである。尚、本実施形態では、ヒータ 13 による電力消費を少なくするために、 Q_0 は例えば単位行列（全ての対角成分が「1」である

20

対角行列) に設定する一方、H0 は行列 Q0 の対角成分に比して大きな値 (例えば 1 0 0 0) に設定されている。また、前記目標値予見時間 Mr 及び排ガス温度予見時間 Md に関しては、本実施形態では、ヒータコントローラ 22 の制御処理の周期を 300 ~ 500 msec として、Mr は、例えば 20 に設定され、Md は例えば 10 に設定されている。

前記式 (17) の評価関数の値を最小化する制御入力 $\Delta SDUT$ は、次式 (18) によって与えられる。この場合、本実施形態では、排ガス温度 Tgd に関しては、その Tgd が Md ステップ後の未来まで現在値に維持されとする。

$$\Delta SDUT(n) = F0 \cdot X0(n) + \sum_{i=1}^{Mr} [Fr0(i) \cdot R0(n+i)] + Fdt \cdot \Delta Tgd(n) \quad \dots\dots (18)$$

10

この式 (18) の右辺第 1 項の F0 は 3 次の行ベクトル (Fs0, Fe0, Fx0)、右辺第 2 項 (Σ の項) の Fr0(i) (i = 1, 2, ..., Mr) はそれぞれ 2 次の行ベクトル (Fr01(i), Fr02(i))、右辺第 3 項の Fdt はスカラーであり、それぞれ、次式 (19-1) ~ (19-3) により与えられる。

15

$$\begin{aligned} F0 &\equiv (Fs0, Fe0, Fx0) \\ &= -[H0 + G^T \cdot P \cdot G]^{-1} \cdot G^T \cdot P \cdot \Phi \quad \dots\dots (19-1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fr0(i) &\equiv (Fr01(i), Fr02(i)) \quad (\text{但し、} i=1, 2, \dots, Mr) \\ &= -[H0 + G^T \cdot P \cdot G]^{-1} \cdot G^T \cdot (\xi^T)^{i-1} \cdot P \cdot Gr \quad \dots\dots (19-2) \end{aligned}$$

$$Fdt = \sum_{i=0}^{Md} [-[H0 + G^T \cdot P \cdot G]^{-1} \cdot G^T \cdot (\xi^T)^i \cdot P \cdot Gd] \quad \dots\dots (19-3)$$

これらの式 (19-1) ~ (19-3) 中の P は次式 (20-1) の

リカッチの方程式を満たす行列（この場合 3 行 3 列の行列）であり、 ξ は次式（20-2）により与えられる行列（この場合 3 行 3 列の行列）である。

$$P = Q_0 + \Phi^T \cdot P \cdot \Phi - \Phi \cdot P \cdot G \cdot [H_0 + G^T \cdot P \cdot G]^{-1} \cdot G^T \cdot P \cdot \Phi \quad \dots\dots(20-1)$$

$$\xi = \Phi + G \cdot F_0 \quad \dots\dots(20-2)$$

- 5 尚、式（19-1）～（19-3）並びに式（20-1）、（20-2）中の G 、 G_r 、 G_d 、 Φ は前記式（16）の但し書きで定義されたものである。また、 H_0 、 Q_0 は前記式（17）の評価関数 J_0 の重み行列（但し、この場合 H_0 はスカラー）である。

- 10 ここで、前記式（18）の右辺第 2 項（ Σ の項）を F_{r0} 、 R_0 の成分（前記式（19-2）並びに式（16）の但し書きを参照）を用いて書き直し、それをさらに整理すると、次式（21）が得られる。

$$\sum_{i=1}^{Mr} [F_{r0}(i) \cdot R_0(n+i)] = \sum_{i=0}^{Mr} [Fr(i) \cdot \Delta R(n+i)] \quad \dots\dots(21)$$

但し、

$$Fr(i) = \begin{cases} Fr_{02}(1) & : i=0 \\ Fr_{01}(i) + Fr_{02}(i+1) & : i=1, 2, \dots, Mr-1 \\ Fr_{01}(Mr) & : i=Mr \end{cases}$$

- 15 この式（21）を式（18）に代入すると共に、式（18）の右辺第 1 項を F_0 、 X_0 の成分（前記式（19-1）並びに式（16）の但し書きを参照）を用いて書き直すことにより、前記式（18）は、次式（22）により表される。

$$\Delta SDUT(n) = Fs0 \cdot e(n) + Fe0 \cdot \Delta e(n) + Fx0 \cdot \Delta Tht(n) \\ + \sum_{i=0}^{Mr} [Fr(i) \cdot \Delta R(n+i)] + Fdt \cdot \Delta Tgd(n) \dots\dots (22)$$

このとき、ヒータコントローラ 22 が生成すべき基本制御入力 SDUT(n) は、その初期値 SDUT(0) に $\Delta SDUT(1)$ 、 $\Delta SDUT(2)$ 、 $\dots\dots$ 、 $\Delta SDUT(n)$ を累積加算したものであるから、上記式 (22) により、次

5 式 (23) が得られる。

$$SDUT(n) = Fs0 \cdot \sum_{j=1}^n e(j) + Fe0 \cdot e(n) + Fx0 \cdot Tht(n) \\ + \sum_{i=0}^{Mr} [Fr(i) \cdot R(n+i)] + Fdt \cdot Tgd(n) \\ - Fe0 \cdot e(0) - Fx0 \cdot Tht(0) \\ - \sum_{i=0}^{Mr} [Fr(i) \cdot R(0+i)] - Fdt \cdot Tgd(0) + SDUT(0) \\ \dots\dots (23)$$

そして、この式 (23) の初期値項、すなわち、式 (23) の第 6 項 ($Fe0 \cdot e(0)$ の項) ~ 第 10 項 ($SDUT(0)$ の項) を全て「0」とする

10 ことで、ヒータコントローラ 22 に実際に生成させる基本制御入力 SDUT(n) を算出するための式が次式 (24) の通り得られる。

$$SDUT(n) = Fs0 \cdot \sum_{j=1}^n e(j) + Fe0 \cdot e(n) + Fx0 \cdot Tht(n) \\ + \sum_{i=0}^{Mr} [Fr(i) \cdot R(n+i)] + Fdt \cdot Tgd(n) \dots\dots (24)$$

この式 (24) が、ヒータコントローラ 22 によりヒータ 13 を制御

15 するための基本制御入力 SDUT(n) (基本デューティ) を最適予見制御

のアルゴリズムにより逐次算出するための演算式である。この式（24）の第1項から第3項まで（ $\sum e(j)$ を含む項～ $T_{ht}(n)$ を含む項まで）は、素子温偏差 e やヒータ温度 T_{ht} に応じた制御入力成分（フィードバック成分。以下、この成分を最適 F/B 成分 U_{opfb} と称する）である。より詳しくは、第1項及び第2項は、素子温偏差 e に応じた制御入力成分であり、第3項は、ヒータ温度 T_{ht} に応じた制御入力成分である。また、式（24）の右辺第4項（ $\sum F_r(i) \cdot R(n+i)$ の項）は目標値 R に応じた制御入力成分（フィードフォワード成分。以下、この成分を最適目標値 F/F 成分 U_{opfr} と称する）であり、第5項（ $T_{gd}(n)$ を含む項）は排ガス温度 T_{gd} （これは制御対象に対して外乱として機能する）に応じた制御入力成分（フィードフォワード成分。以下、この成分を最適外乱 F/F 成分 U_{opfd} を称する）である。

ここで、式（24）により求められる基本制御入力 $SDUT(n)$ （基本デューティ）は、前述したように、バッテリー電圧 VB が基準値 SVB に一定に維持されている場合に、素子温度 T_{o2} を目標値 R に制御するために要求される制御入力（デューティ）である。このため、ヒータコントローラ 22 は、その制御処理のサイクルタイム（周期）毎に式（24）により算出した基本制御入力 $SDUT(n)$ を、さらに、次式（25）に示す如く、バッテリー電圧 VB の現在値 $VB(n)$ の2乗値と、前記基準値 NVB の2乗値との比 $NVB^2/VB(n)^2$ によって補正することにより、バッテリー電圧 VB によらずに素子温度 T_{o2} を目標値 R に制御し得る制御入力 $DUT(n)$ を逐次算出する。

$$DUT(n) = \frac{NVB^2}{VB(n)^2} \cdot SDUT(n) \quad \dots\dots(25)$$

そして、ヒータコントローラ 22 は、その制御入力 $DUT(n)$ 、すなわちデューティ $DUT(n)$ を所定の範囲内 ($0\% \leq DUT(n) \leq 100\%$) に制限した上で、そのデューティ $DUT(n)$ のパルス電圧を図示しないヒータ通電回路に付与することにより、ヒータ 13 への供給電力を調整する。

上述のように式 (24) 及び式 (25) により制御入力としてのデューティ DUT を求めるヒータコントローラ 22 は、それをブロック線図で表現すると、図 7 に示すようになる。

尚、本実施形態では、 Md ステップ後の未来まで排ガス温度 T_{gd} が現在値に維持されたとしたため、式 (24) の右辺第 5 項の F_{dt} がスカラーとなるが、未来の各ステップでの T_{gd} を検出もしくは推定可能な場合には、それらの T_{gd} を使用して制御入力 DUT を求めるようにすることもできる。この場合には、 F_{dt} は式 (19-3) の { } 内の要素 ($Md+1$ 個の要素) からなるベクトルとなる。より具体的には、現在から Md ステップ後までの排ガス温度 T_{gd} の時系列データを $T_{gd}(n)$, $T_{gd}(n+1)$, \dots , $T_{gd}(n+Md)$ とおいたとき、式 (24) の右辺第 5 項は、式 (19-3) の { } 内の要素 ($Md+1$ 個の要素) からなるベクトルと、排ガス温度 T_{gd} の時系列データ $T_{gd}(n)$, $T_{gd}(n+1)$, \dots , $T_{gd}(n+Md)$ を要素とするベクトルとの内積 (スカラー積) で表される。

そして、この内積は、 $T_{gd}(n) = T_{gd}(n+1) = \dots = T_{gd}(n+Md)$ としたときに、式 (24) の右辺第 5 項に一致するものとなる。

また、前記式 (24) により基本制御入力 $SDUT(n)$ を求めるために必要な F_{s0} , F_{e0} , F_{x0} は、前記式 (19-1) に従ってあらかじめ算出された値が用いられる。また、 $F_r(i)$ ($i = 0, 1, \dots, Mr$) は、

前記式(21)及び式(19-2)に従ってあらかじめ算出された値が
用いられる。また、 F_{dt} は前記式(19-3)に従ってあらかじめ算
出された値が用いられる。尚、これらの係数 F_{s0} 、 F_{e0} 、 F_{x0} 、 $F_{r(i)}$ 、
5 F_{dt} の値は必ずしも定義式通りの値を用いる必要ななく、シミュレー
ションや実験を通じて適宜調整するようにしてもよい。さらには、素子
温度やヒータ温度等に応じて変更するようにしてもよい。

また、式(24)の演算に必要なヒータ温度 T_{ht} 及び排ガス温度 T_{gd}
は、それぞれ、前記素子温オブザーバ20により求められたヒータ
温度 T_{ht} の推定値の最新値、前記排気温オブザーバ21により求めら
10 れた排ガス温度 T_{gd} の推定値の最新値が用いられる。

さらに、式(24)の演算に必要な素子温偏差 e は、前記素子温オブ
ザーバ20により求められた素子温度 T_{o2} の推定値の最新値と、前記
目標値設定手段21により前記目標値予見時間 M_r 前のサイクルタイム
で設定された目標値 R とから算出される。

15 ここで、前記目標値設定手段21は、基本的には、 O_2 センサ8の出
力特性が安定に良好なものとなる 750°C 以上の温度(本実施形態では
例えば 800°C)を、ヒータコントローラ22の処理のサイクルタイム
(周期)と同じサイクルタイムで素子部10の温度の目標値 R として設
定するようにしている。この場合、該目標値設定手段21は、ヒータコ
20 ントローラ22による処理を前述の最適予見制御のアルゴリズムにより
行うために、各サイクルタイムで設定する目標値 R を、現在のサイクル
タイムから前記目標値予見時間 M_r 後の目標値 $R(n+M_r)$ として設定し、
それを該目標値予見時間 M_r の時間分、時系列的に記憶保持するよう
にしている。つまり、 M_r+1 個の目標値 $R(n)$ 、 $R(n+1)$ 、 \dots 、 $R(n+M_r)$
25 が逐次更新されつつ記憶保持される。そして、式(24)の演算に必要な
素子温偏差 e を求めるために使用する目標値 R は、目標値予見時間 M

r 前のサイクルタイムで目標値設定手段 21 が上記のように設定して記憶保持した値 $R(n)$ である。また、上記のように記憶保持された目標値 $R(n)$, $R(n+1)$, ..., $R(n+Mr)$ が、前記式 (24) の第 4 項 ($R(n+i)$ を含む Σ の項) の値を求めるために使用される。

- 5 尚、エンジン 1 の運転開始時から、素子温度 T_{O_2} の目標値 R を 800℃ のような高温に設定すると、エンジン 1 の運転開始時に O_2 センサ 8 の素子部 10 に水分等が付着していたような場合には、該素子部 10 が急激な加熱に伴う応力で損傷する虞れがある。このため、本実施形態では、目標値設定手段 21 は、エンジン 1 の運転開始後、所定時間（例
10 えば 15 秒）が経過するまでは、素子温度 T_{O_2} の目標値 R を 750℃ よりも低い温度、例えば 600℃ に設定するようにしている。また、本実施形態では、エンジン 1 の運転開始後、所定時間が経過した後であっても、大気温度 T_A が低い場合（例えば $T_A < 0^\circ\text{C}$ ）には、ヒータ 13 の過熱を避けるために、素子温度 T_{O_2} の目標値 R を、通常的な目標値
15 (800℃) よりも若干低い温度 ($750^\circ\text{C} \leq R < 800^\circ\text{C}$) に設定するようにしている。

次に、本実施形態の装置、特に前記センサ温度制御手段 18 の全体的な処理を説明する。

- まず、エンジン 1 の運転開始時（始動時）において、センサ温度制御
20 手段 18 は、前記排ガス温度 T_{exg} , T_{ga} , T_{gb} , T_{gc} , T_{gd} 、排気管温度 T_{wa} , T_{wb} , T_{wd} 、触媒温度 T_{wc} 、素子温度 T_{O_2} 、及びヒータ温度 T_{ht} のそれぞれの推定値の初期値 $T_{\text{exg}}(0)$, $T_{\text{ga}}(0)$, $T_{\text{gb}}(0)$, $T_{\text{gc}}(0)$, $T_{\text{gd}}(0)$, $T_{\text{wa}}(0)$, $T_{\text{wb}}(0)$, $T_{\text{wd}}(0)$, $T_{O_2}(0)$, $T_{\text{ht}}(0)$ を次のように設定する。すなわち、本実施形態では、エンジン 1 の運転停
25 止中にその停止時間を計時するようにしており、センサ温度制御手段 18 は、エンジン 1 の始動時にその直前の停止時間が所定時間（例えば 2

時間)を超えているか否かを判断する。そして、停止時間>所定時間であるときには、排気通路3の内部やその管壁の温度がほぼ大気温度と同等になっていると考えられるので、センサ温度制御手段18は、上記初期値 $T_{exg}(0)$, $T_{ga}(0)$, $T_{gb}(0)$, $T_{gc}(0)$, $T_{gd}(0)$, $T_{wa}(0)$, $T_{wb}(0)$, $T_{wd}(0)$, $T_{O_2}(0)$, $T_{ht}(0)$ を、エンジン1の始動時における大気温度 T_A の検出値に設定する。また、停止時間 \leq 所定時間である場合には、排気通路3の内部やその管壁の温度は、前回のエンジン1の運転停止後の余熱によって、大気温度よりもエンジン1の機関温度 TW (冷却水温)に近い温度になっていると考えられるので、センサ温度制御手段18は、上記初期値 $T_{exg}(0)$, $T_{ga}(0)$, $T_{gb}(0)$, $T_{gc}(0)$, $T_{gd}(0)$, $T_{wa}(0)$, $T_{wb}(0)$, $T_{wd}(0)$, $T_{O_2}(0)$, $T_{ht}(0)$ を、エンジン1の始動時における機関温度 TW の検出値に設定する。これにより、それらの初期値が実際の温度に近い温度に設定される。

そして、エンジン1が始動され、その運転が開始すると、センサ温度制御手段18は、図8のフローチャートに示すメインルーチン処理を所定のサイクルタイムで実行する。尚、このメインルーチンの実行周期は、前記排気温オブザーバ19、素子温オブザーバ20の処理の周期 dt よりも短く、従って、目標値設定手段21及びヒータコントローラ22の処理の周期 dte よりも短い。

センサ温度制御手段18は、まず、エンジン1の回転数 NE 、吸気圧 PB 、大気温度 T_A 、及びバッテリー電圧 VB の検出値を取得し (STEP 1)、さらに前記目標値設定手段21及びヒータコントローラ22の処理の1周期分の時間 dte をカウントするためのカウントダウンタイマ $COPC$ の値を判断する (STEP 2)。このカウントダウンタイマ $COPC$ の値は、エンジン1の始動時に「0」に初期化されている。

そして、センサ温度制御手段18は、 $COPC=0$ である場合には、目

標値設定手段 2 1 及びヒータコントローラ 2 2 の制御処理の周期 dtc に相当するタイマ設定時間 $TM1$ を $COPC$ の値として新たに設定した後 (STEP 3)、 O_2 センサ 8 の素子温度 T_{O_2} の目標値 R を設定する処理と、ヒータ 1 3 のデューティ DUT を算出処理とを、それぞれ前記目標値設定手段 2 1 及びヒータコントローラ 2 2 により順次実行する (STEP 4, 5)。また、STEP 2 で $COPC \neq 0$ である場合には、センサ温度制御手段 1 8 は、STEP 5 で $COPC$ の値をカウントダウンし、STEP 4, 5 の処理を省略する。従って、STEP 4, 5 の処理は、上記タイマ設定時間 $TM1$ により規定される周期 dtc で実行されることとなる。

上記 STEP 4, 5 の処理は、より具体的には次のように行われる。まず、目標値設定手段 2 1 による STEP 4 の処理は、図 9 のフローチャートに示すように実行される。

目標値設定手段 2 1 による STEP 4 の処理では、まず、エンジン 1 の始動後の経過時間を表すパラメータ TSH の値があらかじめ定めた所定値 XTM (例えば 15 秒) と比較される (STEP 4-1)。このとき、 $TSH \leq XTM$ である場合、すなわち、エンジン 1 の運転開始直後の状態である場合には、目標値設定手段 2 1 は、前述のように O_2 センサ 8 の素子部 1 0 の損傷を防止するために、素子温度 T_{O_2} の目標値 R を低温側の温度 (例えば 600℃) に設定する (STEP 4-2)。尚、ここで設定する目標値 R はより詳しくは、現在から目標値予見時間 Mr 後の目標値 $R(n+Mr)$ である。

また、STEP 4-1 で $TSH > XTM$ である場合には、目標値設定手段 2 1 は、大気温度 T_A の現在の検出値 (図 8 の STEP 1 で取得されたもの) から、あらかじめ定められたデータテーブルに基づいて素子温度 T_{O_2} の目標値 R を設定する (STEP 4-3)。ここで設定される目

標値 R は、大気温度 T_A が常温程度（例えば $T_A \geq 0^\circ\text{C}$ ）である場合には、基本的には 750°C 以上の所定値（本実施形態では 800°C ）である。但し、寒冷地でのエンジン 1 の運転時等、大気温度 T_A が低いとき（例えば $T_A < 0^\circ\text{C}$ ）には、素子温度 T_{O2} の目標値 R が 800°C のような高温であると、ヒータ 13 の温度が過剰に高温になりやすい。そして、本実施形態では、後述するヒータ 13 の過熱防止処理によって、ヒータ 13 の温度が過剰に高温になると、該ヒータ 13 の故障を避けるために該ヒータ 13 への通電は強制的に中止される。そこで、本実施形態では、STEP 4-3 では、大気温度 T_A が低い場合（例えば $T_A < 0^\circ\text{C}$ ）には、素子温度 T_{O2} の目標値 R を通常の場合よりも多少低い値（例えば $750^\circ\text{C} \leq R < 800^\circ\text{C}$ となる値）に設定するようにしている。

尚、この STEP 4-3 で設定される目標値 R は、STEP 4-2 で設定される目標値 R と同様、より詳しくは、現在から目標値予見時間 M_r 後の目標値 $R(n+M_r)$ である。

上記のように STEP 4-2 又は 4-3 で目標値 $R (=R(n+M_r))$ を新たに設定した後、目標値設定手段 21 は、該目標値 R を目標値予見時間 M_r の期間分、記憶保持するための M_r+1 個のバッファ $RBF(0)$, $RBF(1)$, \dots , $RBF(M_r)$ の値を STEP 4-4、4-5 で更新する。これにより、STEP 4 の処理が終了する。

この場合、STEP 4-4 では、 M_r 個のバッファ $RBF(j)$ ($j = 0, 1, \dots, M_r-1$) に対して順番に、 $RBF(j)$ の値を $RBF(j+1)$ の現在値に更新する処理が実行される。尚、バッファ $RBF(0)$ に今まで保持されていた値は消去される。また、STEP 4-5 では、前記 STEP 4-2 又は 4-3 で新たに設定された目標値 R に、バッファ $RBF(M_r)$ の値が更新される。このように更新されるバッファ $RBF(0)$, $RBF(1)$, \dots , $RBF(M_r)$ の値は、それぞれ、前記式 (24) の第 4 項の $R(n)$, $R(n+1)$,

… …, $R(n+Mr)$ に相当するものとなる。尚、バッファ $RBF(0)$, $RBF(1)$, … …, $RBF(Mr)$ の値は、エンジン1の始動時に所定の値（例えばSTEP 4-2で設定する目標値）に初期化されている。

次に、ヒータコントローラ22による前記STEP 5の処理は、図10のフローチャートに示すように実行される。このSTEP 5の処理では、まず、前記素子温度 T_{O2} の推定値の現在値 $T_{O2}(n)$ と、前記バッファ $RBF(0)$ ($=R(n)$)、すなわち、目標値予見時間 Mr 前に目標値設定手段21により設定された目標値 R とからそれらの間の素子温偏差 $e(n) = T_{O2}(n) - RBF(0)$ を算出する (STEP 5-1)。

次いで、ヒータコントローラ22は、フラグ F/A , F/B の値を判断する (STEP 5-2)。ここで、フラグ F/A はデューティ DUT の後述するリミット処理において値が“0”、“1”に設定されるフラグであり、 $F/A=1$ は、デューティ DUT があらかじめ定めた所定の上限値あるいは下限値に強制的に制限されている状態を意味し、 $F/A=0$ はこのようなデューティ DUT の値の制限がなされていない状態 ($上限値 > DUT > 下限値$) を意味する。また、フラグ F/B は、後述するヒータ13の過熱防止処理によりヒータ13への通電が強制的に遮断されている状態で“1”に設定されるフラグである。尚、フラグ F/A , F/B の値の初期値は、“0”である。

STEP 5-2の判断で、 $F/A=F/B=0$ である場合には、ヒータコントローラ22は、前記式(24)の第1項の $\Sigma e(j)$ の現在値にSTEP 5-1で新たに算出した偏差 $e(n)$ を加算する (STEP 5-3)。これにより、偏差 $e(n)$ がヒータコントローラ22の処理のサイクルタイム dtc 毎に累積加算 (積分) したものが求められる。尚、 $\Sigma e(j)$ の初期値は“0”である。

また、STEP 5-2の判断で、 $F/A=1$ 又は $F/B=1$ である場合に

は、デューティ DUT の現在値が通常的な正常値でないので、ヒータコントローラ 22 は、STEP 5-4 の処理を省略して次の STEP 5-4 に進み、 $\Sigma e(j)$ の値を現在値に保持する。

次いで、ヒータコントローラ 22 は、STEP 5-1 で求めた素子温
5 偏差 $e(n)$ の現在値（最新値）やその累積加算値 $\Sigma e(j)$ の現在値等を用いて、前記式（24）及び式（25）の演算を行って、ヒータ 13 に対する制御入力である DUT の今回値 $DUT(n)$ を算出する（STEP 5-4）。すなわち、STEP 5-1 で求めた偏差 $e(n)$ の現在値と、その累積加算値 $\Sigma e(j)$ の現在値と、ヒータ温度 T_{ht} の推定値の現在値 $T_{ht}(n)$
10 と、前記バッファ $RBF(0)$, $RBF(1)$, \dots , $RBF(Mr)$ の現在値（= $R(n)$, $R(n+1)$, \dots , $R(n+Mr)$ ）と、排ガス温度 T_{gd} （ O_2 センサ 8 の配置箇所での排ガス温度）の推定値の現在値 $T_{gd}(n)$ と、あらかじめ定められた係数 F_{s0} , F_{e0} , F_{x0} , $F_{r(i)}$ （ $i = 0, 1, \dots, Mr$ ）, F_{dt} の値とから、前記式（24）により、基本デューティ $SDUT(n)$ を算
15 出する。さらに、この基本デューティ $SDUT(n)$ を、バッテリー電圧 VB の現在値（図 8 の STEP 1 で取得した最新値）を用いて、式（25）により補正することによりデューティ $DUT(n)$ を算出する。尚、エンジン 1 の始動後、最初に STEP 5-4 の処理を行う際（前記排気温オブザーバ 19 及び素子温オブザーバ 20 の処理が未だ実行されていない段
20 階）に必用となるヒータ温度 T_{ht} の推定値の初期値 $T_{ht}(0)$ と排ガス温度 T_{gd} の推定値の初期値 $T_{gd}(0)$ とは、前述の通り、エンジン 1 の運転開始時（始動時）の大気温度 T_A あるいは機関温度 TW に設定されている。そして、それらの初期値 $T_{ht}(0)$, $T_{gd}(0)$ が式（24）の演算に用いられる。また、両オブザーバ 19, 20 の処理が実行された後には、
25 それらのオブザーバ 19, 20 がそれぞれの処理で求めた推定値の最新値が式（24）の演算に用いられる。

次いで、ヒータコントローラ 22 は、STEP 5-4 で算出したデューティ $DUT(n)$ のリミット処理を STEP 5-5 ~ 5-11 で実行する。すなわち、デューティ $DUT(n)$ が所定の下限值（例えば 0 %）よりも小さいか否かを判断し（STEP 5-5）、 $DUT(n) < \text{下限値}$ である場合には、 $DUT(n)$ の値を強制的にその“下限値”に設定し直す（STEP 5-6）。そして、このとき、前記フラグ F/A（STEP 5-2 で使用するフラグ）の値を“1”に設定する（STEP 5-7）。

また、 $DUT(n) \geq \text{下限値}$ である場合には、さらに、デューティ $DUT(n)$ が所定の上限値（例えば 100 %）よりも大きいかなんかを判断する（STEP 5-8）。このとき $DUT(n) > \text{上限値}$ である場合には、 $DUT(n)$ の値を強制的にその“上限値”に設定し直す（STEP 5-9）。また、このとき、前記フラグ F/A の値を“1”に設定する（STEP 5-10）。尚、 $\text{下限値} \leq DUT(n) \leq \text{上限値}$ である場合には、 $DUT(n)$ の値は維持され、前記フラグ F/A の値は“0”に設定される（STEP 5-11）。以上によりヒータコントローラ 22 による STEP 5 の処理は終了する。

図 8 のメインルーチンの処理に戻って、センサ温度制御手段 18 は、次に、STEP 7 ~ 13 に示す処理を実行する。この処理は、ヒータ 13 の過熱防止のための処理であり、まず、STEP 7 において、ヒータ温度 T_{ht} の推定値の現在値（最新値）があらかじめ定められた所定の上限値 T_{HTLMT} （例えば 930 °C）以上であるか否かが判断される。この場合、本実施形態では、基本的には、 $T_{ht} \geq T_{HTLMT}$ となった場合に、ヒータ 13 の損傷等を防止するために、該ヒータ 13 への通電を強制的に遮断する。但し、外乱等の影響で、 T_{ht} の推定値の値が一時的に上記上限値 T_{HTLMT} 以上に上昇することもある。そこで、本実施形態では、 $T_{ht} \geq T_{HTLMT}$ となる状態が所定時間（例えば 3 秒。

以下、ヒータ OFF 遅延時間という) 以上、継続した場合に、ヒータ 13 の通電を遮断することとする。

5 このため、前記 S T E P 7 で、 $T_{ht} < T_{HTLMT}$ である場合には、センサ温度制御手段 18 は、上記ヒータ OFF 遅延時間を計時するための
5 カウントダウнтаイマ TM_{HTOFF} の値を上記ヒータ OFF 遅延時間に相当する所定値 TM_2 に設定しておく (S T E P 8)。そして、この場合には、ヒータ 13 の通電は遮断しないので、センサ温度制御手段 18 は、前述したフラグ F/B (図 10 の S T E P 5 - 2 で使用するフラグ) の値を “0” に設定する (S T E P 9)。

10 一方、S T E P 7 で $T_{ht} \geq T_{HTLMT}$ である場合には、センサ温度制御手段 18 は、カウントダウнтаイマ TM_{HTOFF} の値を “1” だけカウントダウンした後 (S T E P 10)、さらに、このカウントダウнтаイマ TM_{HTOFF} の値が “0” になったか否か、すなわち、 $T_{ht} \geq T_{HTLMT}$ の状態のまま、前記ヒータ OFF 遅延時間 TM_2 が経過したか
15 否かを判断する (S T E P 11)。

このとき $TM_{HTOFF} \neq 0$ である場合には、前記 S T E P 9 でフラグ F/B の値を “0” に設定する。また、 $TM_{HTOFF} = 0$ である場合には、デューティ DUT のの現在値を強制的に “0” に設定し直し (S T E P 12)、さらに、フラグ F/B の値を “1” に設定する (S T E P 13)。

20 尚、S T E P 9 でフラグ F/B の値が “0” に設定された場合には、センサ温度制御手段 18 は、デューティ DUT の現在値 (前記 S T E P 5 の処理で算出された最新値) に従ってパルス電圧を図示しないヒータ通電回路に付与し、該デューティ DUT に応じた電力で該ヒータ 13 に通電させる。また、S T E P 18 でフラグ F/B の値が “1” に設定さ
25 れた場合には、センサ温度制御手段 18 は、ヒータ 13 の通電回路にパルス電圧を付与せず、これにより、該ヒータ 13 への通電を遮断する。

上述のようにしてSTEP 7～STEP 13に係わる処理（ヒータ13の過熱防止処理）を実行した後、センサ温度制御手段18は、次に、前記排気温オブザーバ19及び素子温オブザーバ20の処理の1周期分の時間 dt をカウントするためのカウントダウンタイマ COBS の値を判断する（STEP 14）。このカウントダウンタイマ COBS の値は、エンジン1の始動時に「0」に初期化されている。

そして、センサ温度制御手段18は、COBS = 0である場合には、排気温オブザーバ19及び素子温オブザーバ20の処理の周期 dt に相当するタイマ設定時間 TM3（これはSTEP 3の TM1 よりも短い）をCOBS の値として新たに設定した後（STEP 15）、排ガス温度 T_{gd} （ O_2 センサ8の配置箇所近傍の排ガス温度）を推定する処理と、素子温度 T_{o2} を推定する処理（ヒータ温度 T_{ht} の推定処理を含む）とをそれぞれ、排気温オブザーバ19及び素子温オブザーバ20により実行する（STEP 16）。また、STEP 14で COBS \neq 0である場合には、センサ温度制御手段18は、STEP 17で COBC の値をカウントダウンし、STEP 15, 16の処理を省略する。従って、STEP 16の処理は、上記タイマ設定時間 TM3 により規定される周期 dt で実行されることとなる。以上説明した処理が図8のメインルーチンの処理である。

上記STEP 16の処理は、より具体的には、図11のフローチャートに示すように行われる。すなわち、センサ温度制御手段18は、まず、排気温オブザーバ19により、STEP 16-1～STEP 16-6の処理を順次実行し、 O_2 センサ8の配置箇所近傍での排ガス温度 T_{gd} の推定値を求める。STEP 16-1では、エンジン1の回転数 NE 及び吸気圧 PB の現在の検出値（前記STEP 1で取得された最新値）を用いて前記式（7）により流速パラメータ V_g が求められる。尚、この

流速パラメータ V_g の値は、エンジン 1 の過回転等により前記式 (7) の算出結果が “1” を越えたような場合には、強制的に $V_g = 1$ に設定される。

次いで、排気温オブザーバ 19 は、前記式 (1) に基づいてエンジン 1 の排気ポート 2 での排ガス温度 T_{exg} の推定値を算出する (STEP 16-2)。すなわち、エンジン 1 の回転数 NE 及び吸気圧 PB の現在の検出値から所定のマップにより基本排ガス温度 $T_{\text{MAP}}(NE, PB)$ を求め、さらに、この $T_{\text{MAP}}(NE, PB)$ と、排ガス温度 T_{exg} の推定値の現在値 $T_{\text{exg}}(k-1)$ (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-2 で求められた値) と、あらかじめ定められた係数 K_{tex} の値とを用いて前記式 (1) の右辺の演算を行う。これにより、排ガス温度 T_{exg} の新たな推定値 $T_{\text{exg}}(k)$ が算出される。尚、本実施形態では、エンジン 1 のアイドリング運転時と、フュエルカット中においては、式 (1) の演算に用いる基本排ガス温度 T_{MAP} を、それぞれの運転状態に対応してあらかじめ定めた所定値に設定するようにしている。また、排ガス温度 T_{exg} の推定値は、前述のようにエンジン 1 の運転開始時 (始動時) に、その時に検出された大気温度 T_A 又は機関温度 T_W が初期値 $T_{\text{exg}}(0)$ として設定されており、エンジン 1 の運転開始後、初めて式 (1) の演算を行うときには、その初期値 $T_{\text{exg}}(0)$ が $T_{\text{exg}}(k-1)$ の値として用いられる。

次いで、排気温オブザーバ 19 は、前記式 (5-1)、(5-2) に基づいて前記部分排気通路 3a での排ガス温度 T_{ga} の推定値及び排気管温度 T_{wa} の推定値を算出する (STEP 16-3)。すなわち、排ガス温度 T_{ga} の推定値の現在値 $T_{\text{ga}}(k)$ (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-3 で求められた最新値) と、排気管温度 T_{wa} の推定値の現在値 (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-3 で求められた最新値) と、前記 STEP 16-2 で先に算出した排ガス温度 T_{exg}

の推定値の現在値と、前記STEP 16-1で算出した流速パラメータ V_g の現在値と、あらかじめ定められたモデル係数 A_a の値及び排気温オブザーバ19の処理の周期 dt の値とを用いて前記式(5-1)の右辺の演算を行うことで、排ガス温度 T_{ga} の新たな推定値 $T_{ga}(k+1)$ を求める。

さらに、排ガス温度 T_{ga} の推定値の現在値 $T_{ga}(k)$ (前回のサイクルタイムにおけるSTEP 16-3で求められた最新値)と、排気管温度 T_{wa} の推定値の現在値(前回のサイクルタイムにおけるSTEP 16-3で求められた最新値)と、あらかじめ定められたモデル係数 B_a , C_a の値及び排気温オブザーバ19の処理の周期 dt の値とを用いて前記式(5-2)の右辺の演算を行うことで、排気管温度 T_{wa} の新たな推定値 $T_{wa}(k+1)$ を求める。

尚、排ガス温度 T_{ga} 及び排気管温度 T_{wa} の推定値は、前述のようにエンジン1の運転開始時(始動時)に、その時に検出された大気温度 T_A 又は機関温度 T_W がそれぞれの初期値 $T_{ga}(0)$, $T_{wa}(0)$ として設定されており、エンジン1の運転開始後、初めて式(5-1), (5-2)の演算を行うときには、それらの初期値 $T_{ga}(0)$, $T_{wa}(0)$ がそれぞれ $T_{ga}(k-1)$, $T_{wa}(k-1)$ の値として用いられる。

次いで、排気温オブザーバ19は、前記式(6-1)、(6-2)に基づいて前記部分排気通路3bでの排ガス温度 T_{gb} の推定値及び排気管温度 T_{wb} の推定値を算出する(STEP 16-4)。すなわち、排ガス温度 T_{gb} の推定値の現在値 $T_{gb}(k)$ (前回のサイクルタイムにおけるSTEP 16-4で求められた最新値)と、排気管温度 T_{wb} の推定値の現在値(前回のサイクルタイムにおけるSTEP 16-4で求められた最新値)と、前記STEP 16-3で先に算出した排ガス温度 T_{ga} の推定値の現在値と、前記STEP 16-1で算出した流速パラメータ

V_g の現在値と、あらかじめ定められたモデル係数 A_b の値及び排気温オブザーバ 19 の処理の周期 dt の値とを用いて前記式 (6-1) の右辺の演算を行うことで、排ガス温度 T_{gb} の新たな推定値 $T_{gb}(k+1)$ を求める。

- 5 さらに、排ガス温度 T_{gb} の推定値の現在値 $T_{gb}(k)$ (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-4 で求められた最新値) と、排気管温度 T_{wb} の推定値の現在値 (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-4 で求められた最新値) と、あらかじめ定められたモデル係数 B_b , C_b の値及び排気温オブザーバ 19 の処理の周期 dt の値とを用いて前
10 記式 (6-2) の右辺の演算を行うことで、排気管温度 T_{wb} の新たな推定値 $T_{wb}(k+1)$ を求める。

尚、排ガス温度 T_{gb} 及び排気管温度 T_{wb} の推定値は、前述のようにエンジン 1 の運転開始時 (始動時) に、その時に検出された大気温度 T_A 又は機関温度 TW がそれぞれの初期値 $T_{gb}(0)$, $T_{wb}(0)$ として設定さ
15 れており、エンジン 1 の運転開始後、初めて式 (6-1), (6-2) の演算を行うときには、それらの初期値 $T_{gb}(0)$, $T_{wb}(0)$ がそれぞれ $T_{gb}(k-1)$, $T_{wb}(k-1)$ の値として用いられる。

- 次いで、排気温オブザーバ 19 は、前記式 (8-1), (8-2) に基づいて前記部分排気通路 3c での排ガス温度 T_{gc} の推定値及び触媒温度 T_{wc} の推定値を算出する (STEP 16-5)。すなわち、排ガス温度 T_{gc} の推定値の現在値 $T_{gc}(k)$ (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-5 で求められた最新値) と、触媒温度 T_{wc} の推定値の現在
20 値 (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-5 で求められた最新値) と、前記 STEP 16-4 で先に算出した排ガス温度 T_{gb} の推定値の現在値と、前記 STEP 16-1 で算出した流速パラメータ V_g の
25 現在値と、あらかじめ定められたモデル係数 A_c の値及び排気温オブザ

ーバ 19 の処理の周期 dt の値とを用いて前記式 (8-1) の右辺の演算を行うことで、排ガス温度 T_{gc} の新たな推定値 $T_{gc}(k+1)$ を求める。

さらに、排ガス温度 T_{gc} の推定値の現在値 $T_{gc}(k)$ (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-5 で求められた最新値) と、触媒温度 T_{wc} の推定値の現在値 (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-5 で求められた最新値) と、前記 STEP 16-1 で算出した流速パラメータ V_g の現在値と、あらかじめ定められたモデル係数 B_c , C_c , D_c の値及び排気温オブザーバ 19 の処理の周期 dt の値とを用いて前記式 (8-2) の右辺の演算を行うことで、触媒温度 T_{wc} の新たな推定値 $T_{wc}(k+1)$ を求める。

尚、排ガス温度 T_{gc} 及び触媒温度 T_{wc} の推定値は、前述のようにエンジン 1 の運転開始時 (始動時) に、その時に検出された大気温度 T_A 又は機関温度 T_W がそれぞれの初期値 $T_{gc}(0)$, $T_{wc}(0)$ として設定されており、エンジン 1 の運転開始後、初めて式 (8-1), (8-2) の演算を行うときには、それらの初期値 $T_{gc}(0)$, $T_{wc}(0)$ がそれぞれ $T_{gc}(k-1)$, $T_{wc}(k-1)$ の値として用いられる。

次いで、排気温オブザーバ 19 は、前記式 (9-1), (9-2) に基づいて前記部分排気通路 3d での (O_2 センサ 8 の配置箇所近傍での) 排ガス温度 T_{gd} の推定値及び排気管温度 T_{wd} の推定値を算出する (STEP 16-6)。すなわち、排ガス温度 T_{gd} の推定値の現在値 $T_{gd}(k)$ (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-6 で求められた最新値) と、排気管温度 T_{wd} の推定値の現在値 (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-6 で求められた最新値) と、前記 STEP 16-5 で先に算出した排ガス温度 T_{gc} の推定値の現在値と、前記 STEP 16-1 で算出した流速パラメータ V_g の現在値と、あらかじめ定められたモデル係数 A_d の値及び排気温オブザーバ 19 の処理の周期

dt の値とを用いて前記式 (9-1) の右辺の演算を行うことで、排ガス温度 T_{gd} の新たな推定値 $T_{gd}(k+1)$ を求める。

さらに、排ガス温度 T_{gd} の推定値の現在値 $T_{gd}(k)$ (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-6 で求められた最新値) と、排気管温度 T_{wd} の推定値の現在値 (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-6 で求められた最新値) と、あらかじめ定められたモデル係数 B_d , C_d の値及び排気温オブザーバ 19 の処理の周期 dt の値とを用いて前記式 (9-2) の右辺の演算を行うことで、排気管温度 T_{wd} の新たな推定値 $T_{wd}(k+1)$ を求める。

- 10 尚、排ガス温度 T_{gd} 及び排気管温度 T_{wd} の推定値は、前述のようにエンジン 1 の運転開始時 (始動時) に、その時に検出された大気温度 T_A 又は機関温度 T_W がそれぞれの初期値 $T_{gd}(0)$, $T_{wd}(0)$ として設定されており、エンジン 1 の運転開始後、初めて式 (9-1), (9-2) の演算を行うときには、それらの初期値 $T_{gd}(0)$, $T_{wd}(0)$ がそれぞれ $T_{gd}(k-1)$, $T_{wd}(k-1)$ の値として用いられる。

- 次に、センサ温度制御手段 18 は、素子温オブザーバ 20 により、STEP 16-7 の処理を実行し、 O_2 センサ 8 の素子温度 T_{O2} 及びヒータ温度 T_{ht} の推定値を前記式 (10-1), (10-2) に基づいて求める。すなわち、素子温度 T_{O2} の推定値の現在値 $T_{O2}(k)$ (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-7 で求められた最新値) と、ヒータ温度 T_{ht} の推定値の現在値 $T_{ht}(k)$ (前回のサイクルタイムにおける STEP 16-7 で求められた最新値) と、前記 STEP 16-6 で先に算出された排ガス温度 T_{gd} の推定値の現在値 $T_{gd}(k)$ と、素子部 10 の内部の空気の温度 T_A' としての大気温度 T_A の検出値の現在値 $T_A(k)$ (図 8 の STEP 1 で取得した最新値) と、あらかじめ定められたモデル係数 A_x , B_x の値及び素子温オブザーバ 20 の処理の周期 dt

(=排気温オブザーバ19の処理の周期)の値とを用いて前記式(10-1)の右辺の演算を行うことで、素子温度 T_{O_2} の新たな推定値 $T_{O_2}(k+1)$ を求める。

さらに、素子温度 T_{O_2} の推定値の現在値 $T_{O_2}(k)$ (前回のサイクルタイムにおけるSTEP16-7で求められた最新値)と、ヒータ温度 T_{ht} の推定値の現在値 $T_{ht}(k)$ (前回のサイクルタイムにおけるSTEP16-7で求められた最新値)と、素子部10の内部の空気の温度 $T_{A'}$ としての大気温度 T_A の検出値の現在値 $T_A(k)$ (図8のSTEP1で取得した最新値)と、デューティDUTの現在値DUT(k)と、あらかじめ定められたモデル係数 C_x , D_x の値及び素子温オブザーバ20の処理の周期 dt の値とを用いて前記式(10-2)の右辺の演算を行うことで、ヒータ温度 T_{ht} の新たな推定値 $T_{ht}(k+1)$ を求める。

尚、素子温度 T_{O_2} 及びヒータ温度 T_{ht} の推定値は、前述のようにエンジン1の運転開始時(始動時)に、その時に検出された大気温度 T_A 又は機関温度 TW がそれぞれの初期値 $T_{O_2}(0)$, $T_{ht}(0)$ として設定されており、エンジン1の運転開始後、初めて式(10-1), (10-2)の演算を行うときには、それらの初期値 $T_{O_2}(0)$, $T_{ht}(0)$ がそれぞれ $T_{O_2}(k-1)$, $T_{ht}(k-1)$ の値として用いられる。また、式(10-2)で用いるデューティDUT(k)は、基本的には前述のSTEP5でヒータコントローラ22が求めた最新値である。但し、前記STEP12でデューティDUTの値が“0”に制限された場合(ヒータ13への通電を遮断する場合)には、その値が式(10-2)で用いられる。

以上説明したセンサ温度制御手段18の処理によって、 O_2 センサ8の素子温度 T_{O_2} が目標値 R に維持されるように O_2 センサ8のヒータ13への供給電力が制御される。この場合、エンジン1の運転開始直後や、大気温度 T_A がかなり低い場合を除いて、通常的には目標値 R が80

0℃に設定される。この結果、 O_2 センサ 8 の出力特性をエンジン 1 の空燃比制御（触媒装置 4 による良好な浄化性能を確保するための空燃比制御）に適した特性に安定に維持することができ、ひいては、その空燃比制御を良好に行って、触媒装置 4 の良好な浄化性能を確実に維持することができる。

そして、本実施形態では、ヒータ 13 に対する制御入力としてのデューティ DUT は、素子温度 T_{O2} の推定値と目標値 R との偏差（素子温偏差） e に応じた制御入力成分（式（24）の第 1 項及び第 2 項）をフィードバック成分として含むと共に、ヒータ温度 T_{ht} の推定値に応じた制御入力成分（式（24）の第 3 項）を含む。このため、素子温度 T_{O2} が目標値 R に対して変動したときに、ヒータ 13 のデューティ DUT の過大な変動を抑えながら、素子温度 T_{O2} を円滑に目標値 R に収束させることができる。尚、本実施形態では、ヒータ温度 T_{ht} に係わる ΔT_{ht} を制御対象モデルの状態量としているため、ヒータ温度 T_{ht} の推定値に応じた制御入力成分はフィードバック成分としての意味をもつ。

さらに、本実施形態では、デューティ DUT は、素子温度 T_{O2} の変動の外乱的な要因となる排ガス温度 T_{gd} の推定値に応じた制御入力成分、すなわち、前記最適外乱 F/F 成分 U_{opfd} をも含んでいる。加えて、この最適外乱 F/F 成分 U_{opfd} に係る係数 F_{dt} は、現在の排ガス温度が前記排ガス温度予見時間 M_d 後まで継続するとして、予見制御のアルゴリズムにより決定される。このため、排ガス温度 T_{gd} の変動による素子温度 T_{O2} の変動を抑えつつ素子温度 T_{O2} を目標温度に制御することができる。特に、最適外乱 F/F 成分 U_{opfd} に係る係数 F_{dt} が予見制御のアルゴリズムに基づいて決定されているため、排ガス温度 T_{gd} の変動による素子温度 T_{O2} の変動を極力小さなものにすることができる。この結果、素子温度 T_{O2} の目標値 R への制御の安定性を効果的に高め、ひ

いては、 O_2 センサ 8 の出力特性の安定性を効果的に高めることができる。

さらに、デューティ DUT は、素子温度 T_{O2} の目標値 R に応じた制御入力成分、すなわち、前記最適目標値 F/F 成分 U_{opfr} 成分をも含んでいる。しかも、その最適目標値 F/F 成分 U_{opfr} 成分は、予見制御のアルゴリズムによって、現在から前記目標値予見時間 M_r 後までの目標値 R に応じた制御入力成分とされている。このため、特に、目標値 R がエンジン 1 の運転開始直後の低温側温度（600℃）から通常の高温側温度（750℃～800℃）に切替ったときに、制御入力 DUT が一時的に（過渡的に）過剰に大きくなったり、素子温度 T_{O2} が目標値 R に対してオーバーシュートを生じるのを防止することができる。これによっても、 O_2 センサ 8 の出力特性の安定性を効果的に高めることができる。

図 1 2 及び図 1 3 に本実施形態に係わるシミュレーション結果を示す。図 1 2 は、エンジン 1 を搭載した車両を一定の速度で走行させた状態（エンジン 1 の定常運転状態）において、時刻 t_1 にて目標値 R を低温側の目標値（600℃）から、高温側の目標値（800℃）に切替えた場合におけるヒータ温度 T_{ht} 、素子温度 T_{O2} 、デューティ DUT の変化の様子を示したものである。図中、実線のグラフ e, g, i がそれぞれ本実施形態のようにヒータ 1 3 を制御した場合におけるヒータ温度 T_{ht} 、素子温度 T_{O2} 、デューティ DUT の変化の様子を示している。また、破線のグラフ f, h, j はそれぞれ比較例におけるヒータ温度 T_{ht} 、素子温度 T_{O2} 、デューティ DUT の変化の様子を示している。この比較例は、式（24）から目標値 R に応じた最適目標値 F/F 成分 U_{opfr} （式（24）の第 4 項）を除去した式を用いてデューティ DUT を求めてヒータ 1 3 を制御するようにしたものである。

同図 1 2 から明らかなように、本実施形態では、目標値 R に応じた最

適目標値 F/F 成分 U_{opfr} をデューティ DUT が含むため、目標値 R が切替ったときに、デューティ DUT が過大になるのを抑えることができると共に、ヒータ温度 T_{ht} や素子温度 T_{o2} の過渡的なオーバシュートを抑制することができる。

5 また、図 1 3 は、エンジン 1 を搭載した車両を、同図の下部のグラフで示すように車速を変化させながら走行させた場合（エンジン 1 の運転状態を種々様々の運転状態に変化させた場合）における素子温度 T_{o2} の変化の様子を示している。図中、実線のグラフ p が本実施形態のようにヒータ 1 3 を制御した場合における素子温度 T_{o2} の変化の様子を示している。また、破線のグラフ q は比較例における素子温度 T_{o2} の変化の様子を示している。この比較例は、式（2 4）から排ガス温度 T_{gd} に応じた最適外乱 F/F 成分 U_{opfd} （式（2 4）の第 5 項）を除去した式を用いてデューティ DUT を求めてヒータ 1 3 を制御するようにしたものである。

10 同図 1 3 から明らかなように、本実施形態では、排ガス温度 T_{gd} に応じた最適外乱 F/F 成分 U_{opfd} をデューティ DUT が含むため、排ガス温度 T_{gd} の変化に伴う素子温度 T_{o2} の変動幅を抑制することができる。

15 次に、本発明の第 2 実施形態を図 1 4 を参照して説明する。尚、本実施形態は、前記第 1 の実施形態と一部の構成もしくは機能のみが相違するものであるので、同一構成部分もしくは同一機能部分については、第 1 実施形態のものと同一の参照符号を用いて詳細な説明を省略する。

20 本実施形態では、前記図 1 に示したコントロールユニット 1 6 のセンサ温度制御手段 1 8 は、その機能的手段として、図 1 4 のブロック図に示すように排気温オブザーバ 1 9、素子温オブザーバ 2 0、目標値設定手段 3 1、ヒータコントローラ 3 2 を備えている。ここで、排気温オブ

ザーバ 19、素子温オブザーバ 20 は、前記第 1 実施形態のものと全く同一である。尚、本実施形態では、目標値設定手段 31 及びヒータコントローラ 32 の演算処理の周期は、前記第 1 実施形態における目標値設定手段 21 及びヒータコントローラ 22 の演算処理の周期と同一である。

- 5 目標値設定手段 31 は、 O_2 センサ 8 のヒータ温度 T_{ht} の目標値 R' を設定するものである。この場合、本願発明者等の知見によれば、ヒータ温度 T_{ht} は、素子温度 T_{O_2} との相関性が比較的高く、定常状態では素子温度 T_{O_2} よりも一定温度だけ高いものとなる傾向がある。そこで、本実施形態では、目標値設定手段 31 は、前記第 1 実施形態で説明し
- 10 たように設定される素子温度 T_{O_2} の目標値 R (前記図 9 の処理により設定される目標値 R) よりも所定値 DR (例えば $100^\circ C$) だけ高い値 $R + DR$ を、ヒータ温度 T_{ht} の目標値 R' として設定するようにしている。尚、目標値設定手段 31 が、その処理のサイクルタイム毎に設定する目標値 R' は、前記第 1 実施形態の場合と同様、目標値予見時間 M_r
- 15 後の目標値であり、この目標値予見時間 M_r の期間分の目標値 R' が逐次更新されつつ記憶保持される。

ヒータコントローラ 32 は、ヒータ温度 T_{ht} が目標値 R' に維持されるように、制御入力としてのデューティ DUT を逐次決定するものである。この場合、本実施形態では、第 1 実施形態のものと同様、ヒータ

20 コントローラ 32 は、最適予見制御アルゴリズムにより、基本デューティ $SDUT$ を算出し、さらにその基本デューティ $SDUT$ を、前記式 (25) により、バッテリー電圧 VB に応じて補正することでデューティ DUT を生成するようにしている。

より具体的には、本実施形態では、ヒータ温度 T_{ht} とそれに対する

25 目標値 R' との偏差 e' と、その偏差 e' の所定時間毎の変化量 $\Delta e'$ (これは偏差 e' の変化速度に相当する) と、素子温度 T_{O_2} の所定時

間毎の変化量 ΔT_{O2} （これは素子温度 T_{O2} の変化速度に相当する）とに着目し、これらをヒータコントローラ 32 の制御対象に係わる状態量として、該制御対象のモデル式を導入している。

このモデル式は、偏差 e' （以下、ヒータ温偏差 e' という）を $e'(n) = T_{ht}(n) - R'(n)$ と定義したとき、前記第 1 実施形態の場合と同様の考え方によって、前記式（11-1）、（11-2）に基づいて、次式（26）により与えられる。

$$X1(n+1) = \Phi' \cdot X1(n) + G' \cdot \Delta SDUT(n) + Gd' \cdot \Delta Tgd(n) + Gr' \cdot R1(n+1) \quad \dots\dots(26)$$

$$\text{但し、} \quad X1(n) = (e'(n), \Delta e'(n), \Delta T_{O2}(n))^T$$

$$R1(n+1) = (\Delta R'(n+1), \Delta R'(n))^T$$

$$G' = (0, Dx \cdot dtc, 0)^T$$

$$Gd' = (0, 0, Ax \cdot dtc)^T$$

$$\Phi' = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 - Cx \cdot dtc - Fx \cdot dtc & Cx \cdot dtc \\ 0 & Bx \cdot dtc & 1 - Ax \cdot dtc - Bx \cdot dtc - Ex \cdot dtc \end{bmatrix}$$

$$Gr' = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -1 & 1 - Cx \cdot dtc - Fx \cdot dtc \\ 0 & Bx \cdot dtc \end{bmatrix}$$

そして、本実施形態でヒータコントローラ 32 が求める基本制御入力 SDUT（バッテリー電圧 VB が基準値 NVB に等しいときの制御入力）は、次式（27）の評価関数 J1 を最小化するような $\Delta SDUT$ （式（26）のモデル上での制御入力）を積分したものとして、式（28）により与えられる。

$$J1 = \sum_{n=-M+1}^{\infty} [X1^T(n) \cdot Q0 \cdot X1(n) + \Delta SDUT^T(n) \cdot H0 \cdot \Delta SDUT(n)] \cdots \cdots (27)$$

但し、 $M = \max(Mr, Md)$

$$\begin{aligned} SDUT(n) = & Fs1 \cdot \sum_{j=1}^n e'(j) + Fe1 \cdot e'(n) + Fx1 \cdot To2(n) \\ & + \sum_{i=0}^{Mr} [Fr'(i) \cdot R'(n+i)] + Fdt' \cdot Tgd(n) \cdots \cdots (28) \end{aligned}$$

ここで、式(28)の右辺の第1項～第3項までの係数 $Fs1$ 、 $Fe1$ 、
 5 $Fx1$ と、第4項に係わる係数 $Fr'(i)$ ($i = 0, 1, \dots, Mr$)と、第
 5項に係わる係数 Fdt' は、それぞれ、次式(29-1)～(29-
 3)により与えられる係数である。

$$F1 \equiv (Fs1, Fe1, Fx1) \\ = -[H0 + G'^T \cdot P' \cdot G']^{-1} \cdot G'^T \cdot P' \cdot \Phi' \quad \dots\dots(29-1)$$

$$Fr'(i) = \begin{cases} Fr12(1) & : i=0 \\ Fr11(i) + Fr12(i+1) & : i=1, 2, \dots, Mr-1 \\ Fr11(Mr) & : i=Mr \end{cases} \quad \dots\dots(29-2)$$

$$Fdt' = \sum_{i=0}^{Md} \{ -[H0 + G'^T \cdot P' \cdot G']^{-1} \cdot G'^T \cdot (\xi'^T)^i \cdot P' \cdot Gd' \} \\ \dots\dots(29-3)$$

但し、

$$P' = Q0 + \Phi'^T \cdot P' \cdot \Phi' \\ - \Phi' \cdot P' \cdot G' \cdot [H0 + G'^T \cdot P' \cdot G']^{-1} \cdot G'^T \cdot P' \cdot \Phi'$$

$$\xi' = \Phi' + G' \cdot F1$$

$$(Fr11(i), Fr12(i)) \\ = -[H0 + G'^T \cdot P' \cdot G']^{-1} \cdot G'^T \cdot (\xi'^T)^{i-1} \cdot P' \cdot Gr' \\ (i=1, 2, \dots, Mr)$$

尚、評価関数 J 1 に係わる重み行列 Q 0、H 0、並びに、目標値予見時間 Mr 及び排ガス温度予見時間 Md は、本実施形態では前記第 1 実施形態と同一としているが、第 1 実施形態とは異なる値を設定するようにしてもよい。また、式 (28) の係数 Fs1, Fe1, Fx1, Fr'(i), Fdt' は、必ずしも式 (29-1) ~ (29-3) の定義式通りの値を用いる必用はなく、実験やシミュレーションを通じて適宜調整した値を用いるようにしてもよい。さらには、ヒータ温度、素子温等に応じて変更してもよい。また、本実施形態では、前記第 1 実施形態と同様、排ガス温度 Tgd は Md ステップ後の未来まで現在値に維持されるとしているが、未来の各時刻の Tgd が検出もしくは推定可能な場合には、それらの値を用いて制御入力 DUT を求めるようにしてもよい（この場合には、Fdt' はベクトルとなる）。

前記式(28)が、本実施形態でヒータコントローラ32によりヒータ13を制御するための基本制御入力SDUT(n)を逐次算出するための演算式である。すなわち、ヒータコントローラ32は、基本制御入力SDUT(n)を該ヒータコントローラ32の制御処理のサイクルタイム(周期)毎に式(28)により逐次算出する。そして、ヒータコントローラ32は、前記第1実施形態と同様に、この基本制御入力SDUT(n)を、前記式(25)によりバッテリー電圧VBに応じて補正することにより、デューティDUT(n)を求める。尚、式(28)の右辺各項は、前記第1実施形態のものと同様の意味を持つ。すなわち、右辺の第1から第3項まで($\sum e'(j)$ を含む項 $\sim T_{O2}(n)$ を含む項まで)は、ヒータ温偏差 e' や素子温度 T_{O2} に応じた制御入力成分(最適制御アルゴリズムに基づくフィードバック成分)である。より詳しくは、第1項及び第2項は、ヒータ温偏差 e' に応じた制御入力成分、第3項は素子温度 T_{O2} に応じた制御入力成分である。また、式(28)の右辺第4項($\sum F_{r'}(i) \cdot R'(n+i)$ の項)と、右辺第5項($T_{gd}(n)$ を含む項)とは、それぞれ目標値R、排ガス温度 T_{gd} に応じた制御入力成分(予見制御アルゴリズムに基づくフィードフォワード成分)である。

ここで、式(28)により基本制御入力SDUT(n)を求めるために必要な素子温度 T_{O2} 及び排ガス温度 T_{gd} は、それぞれ、前記素子温オブザーバ20により求められた素子温度 T_{O2} の推定値の最新値、前記排気温オブザーバ19により求められた排ガス温度 T_{gd} の推定値の最新値が用いられる。

さらに、式(28)の演算に必要なヒータ温偏差 e' は、前記素子温オブザーバ20により求められたヒータ温度 T_{ht} の推定値の最新値と、前記目標値設定手段31により前記目標値予見時間 M_r 前のサイクルタイムで設定された目標値 R' とから算出される。

以上説明した以外の処理は、前記第 1 実施形態と同一である。かかる本実施形態では、 O_2 センサ 8 のヒータ温度 T_{ht} が目標値 R' に維持されるように O_2 センサ 8 のヒータ 13 への供給電力が制御される。この場合、エンジン 1 の運転開始直後や、大気温度 T_A がかなり低い場合
5 ($T_A < 0^\circ C$) を除いて、通常的には目標値 R' は、素子部 10 の好適な目標温度である $800^\circ C$ よりも所定値 DR (本実施形態では $100^\circ C$) だけ高い温度 ($900^\circ C$) に設定される。この結果、 O_2 センサ 8 の素子部 10 の温度 T_{O_2} は、間接的に、ほぼ $800^\circ C$ の温度に制御されることとなる。このため、前記第 1 実施形態と同様に、 O_2 センサ
10 8 の出力特性をエンジン 1 の空燃比制御 (触媒装置 4 による良好な浄化性能を確保するための空燃比制御) に適した特性に安定に維持することができ、ひいては、その空燃比制御を良好に行って、触媒装置 4 の良好な浄化性能を確実に維持することができる。尚、エンジン 1 の運転開始直後の所定時間は、素子部 10 の目標温度 R としての低温側の温度 (6
15 $00^\circ C$) よりも上記所定値 DR だけ高い温度 ($700^\circ C$) がヒータ 13 の目標温度 R' として設定され、これにより、素子部 10 が急激な加熱に伴う応力により損傷するのが防止される。さらに、大気温度 T_A が低い場合 ($T_A < 0^\circ C$) には、素子部 10 の目標温度 R を $750^\circ C \leq R < 800^\circ C$ にすることに対応して、ヒータ 13 の目標温度 R' は、 85
20 $0^\circ C \leq R' < 900^\circ C$ に設定され、これにより、ヒータ 13 が過熱状態となるのが回避される。

また、本実施形態においては、ヒータ 13 に対する制御入力であるデューティ DUT は、ヒータ温度 T_{ht} の推定値と目標温度 R' との偏差に応じた制御入力成分 (前記式 (28) の第 1 項 ($\sum e'(j)$ を含む項) 及び第 2 項 ($e'(n)$ を含む項)) と、素子温度 T_{O_2} の推定値に応じた制御
25 入力成分 (前記式 (28) の第 3 項) とをフィードバック成分として含

む。加えて、本実施形態においても、予見制御のアルゴリズムを適用し、
デューティ DUT には、排ガス温度 T_{gd} に応じた制御入力成分（式（2
8）の右辺第 5 項のフィードフォワード成分）と、目標値 R' に応じた
制御入力成分（式（28）の右辺第 4 項のフィードフォワード成分）と
5 が含まれる。この結果、前記第 1 実施形態と同様の作用効果を奏するこ
とができる。従って、ヒータ温度 T_{ht} を確実に所望の目標値 R' に安
定して制御することができ、ひいては、素子温度 T_{o2} を所望の温度に
安定して制御することができる。

次に本発明の第 3 実施形態を説明する。尚、本実施形態は、前記第 1
10 実施形態のものと、ヒータコントローラの処理のみ（具体的には、図 1
0 の STEP 5-4 の処理）が相違するものであるので、前記第 1 実
施形態と同一構成部分及び同一機能部分については、第 1 の実施形態と
同一の図面及び参照符号を用いて説明を省略する。

本実施形態では、ヒータコントローラ 22 は、素子温度 T_{o2} と目標
15 値 R との偏差 e （素子温偏差 e ）と、素子温度 T_{o2} と、ヒータ温度 T_{ht}
とを制御対象の状態量として、最適予見制御のアルゴリズムを用い
て制御入力としての DUT を逐次生成するものである。この場合、該ヒ
ータコントローラ 22 の処理のアルゴリズムは、次のように構築されて
いる。まず、前記式（11-1）、（11-2）をまとめると、次式（3
20 0-1）、（30-2）が得られる。

$$X_z(k+1) = A_z \cdot X_z(k) + B_z \cdot \Delta SDUT(k) + E_z \cdot \Delta T_{gd}(k) \quad \cdots \cdots (30-1)$$

$$\Delta T_{o2}(k) = C_z \cdot X_z(k) \quad \cdots \cdots (30-2)$$

$$\text{但し、} X_z(k) = (\Delta T_{o2}(k), \Delta T_{ht}(k))^T$$

$$A_z = \begin{bmatrix} 1 - A_x \cdot dt - B_x \cdot dt - E_x \cdot dt & B_x \cdot dt \\ C_x \cdot dt & 1 - C_x \cdot dt - F_x \cdot dt \end{bmatrix}$$

$$B_z = (0, D_x \cdot dt)^T$$

$$E_z = (A_x \cdot dt, 0)^T$$

$$C_z = (1, 0)$$

また、式 (30-1)、(30-2) から、次式 (31) が得られる。

$$\begin{aligned} \Delta T_{o2}(k+1) &= C_z \cdot X_z(k+1) \\ &= C_z \cdot A_z \cdot X_z(k) + C_z \cdot B_z \cdot \Delta SDUT(k) + C_z \cdot E_z \cdot \Delta T_{gd}(k) \\ &\quad \cdots \cdots (31) \end{aligned}$$

5 尚、この式 (31) は、前記式 (11-2) と同じ式であり、式 (22-1)、(22-2) の但し書きで定義した行列 A_z 及びベクトル B_z 、 E_z 、 C_z を用いて前記式 (11-2) を書き改めたものである。

ここで、本実施形態では、前記式 (12) により定義される前記素子
 10 温偏差 e の所定時間毎の変化量 (偏差変化量) Δe を、 $\Delta e(k+1) = e(k+1) - e(k)$ により定義する。このとき、この定義式と、上記式 (31) とから、次式 (32) が得られる。

$$\begin{aligned} e(k+1) &= e(k) + \Delta e(k+1) \\ &= e(k) + (\Delta T_{o2}(k+1) - \Delta R(k+1)) \\ &= e(k) + C_z \cdot A_z \cdot X_z(k) + C_z \cdot B_z \cdot \Delta SDUT(k) \\ &\quad + C_z \cdot E_z \cdot \Delta T_{gd}(k) - \Delta R(k+1) \quad \cdots \cdots (32) \end{aligned}$$

そして、この式 (32) と、前記式 (30-1) とまとめると、次式 (33) が得られる。

$$X2(k+1) = \Phi 2 \cdot X2(k) + G2 \cdot \Delta SDUT(k) + Gd2 \cdot \Delta Tgd(k) + Gr2 \cdot \Delta R(k+1) \quad \dots\dots (33)$$

但し、 $X2(k) = (e(k), \Delta T_{O2}(k), \Delta T_{ht}(k))^T$

$$\Phi 2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 - Ax \cdot dt - Bx \cdot dt - Ex \cdot dt & Bx \cdot dt \\ 0 & 1 - Ax \cdot dt - Bx \cdot dt - Ex \cdot dt & Bx \cdot dt \\ 0 & Cx \cdot dt & 1 - Cx \cdot dt - Fx \cdot dt \end{bmatrix}$$

$$G2 = (0, 0, Dx \cdot dt)^T$$

$$Gd2 = (Ax \cdot dt, Ax \cdot dt, 0)^T$$

$$Gr2 = (-1, 0, 0)^T$$

この式 (33) が、本実施形態におけるヒータコントローラ 22 の制御対象モデルの基本式である。この制御対象モデルでは、制御対象の状態量は、素子温偏差 e と、素子温度 T_{O2} の所定時間毎の変化量 ΔT_{O2} と、ヒータ温度 T_{ht} の所定時間毎の変化量 ΔT_{ht} とからなる状態量ベクトル $X2(k) = (e(k), \Delta T_{O2}(k), \Delta T_{ht}(k))^T$ である。

但し、本実施形態では、前記第 1 実施形態と同様の理由によって、ヒータコントローラ 22 の処理のサイクルタイムは、素子温オブザーバ 20 や排気温オブザーバ 19 の処理の周期よりも長いものとする。従って、本実施形態で実際に用いる制御対象モデルの式は、ヒータコントローラ 22 の処理の周期 dtc と、その処理周期の番数 n とを用いて次式 (34) となる。

$$X2(n+1) = \Phi 2 \cdot X2(n) + G2 \cdot \Delta SDUT(n) + Gd2 \cdot \Delta Tgd(n) + Gr2 \cdot \Delta R(n+1) \quad \dots\dots (34)$$

$$\text{但し、} X2(n) = (e(n), \Delta T_{o2}(n), \Delta T_{ht}(n))^T$$

$$\Phi 2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 - A_x \cdot dtc - B_x \cdot dtc - E_x \cdot dtc & B_x \cdot dtc \\ 0 & 1 - A_x \cdot dtc - B_x \cdot dtc - E_x \cdot dtc & B_x \cdot dtc \\ 0 & C_x \cdot dtc & 1 - C_x \cdot dtc - F_x \cdot dtc \end{bmatrix}$$

$$G2 = (0, 0, D_x \cdot dtc)^T$$

$$Gd2 = (A_x \cdot dtc, A_x \cdot dtc, 0)^T$$

$$Gr2 = (-1, 0, 0)^T$$

このモデル式 (34) に基づいて、最適予見制御アルゴリズムによりヒータコントローラ 22 が求める基本制御入力 SDUT (バッテリー電圧 VB が基準値 NVB に等しいときの制御入力) は、前記第 1 実施形態と同様の考え方によつて、次式 (35) の評価関数 J2 を最小化するような $\Delta SDUT$ (式 (34) のモデル上での制御入力) を積分したものと、式 (36) により与えられる。

$$J2 = \sum_{n=-M+1}^{\infty} [X2^T(n) \cdot Q0 \cdot X2(n) + \Delta SDUT^T(n) \cdot H0 \cdot \Delta SDUT(n)] \quad \dots\dots (35)$$

$$\text{但し、} M = \max(Mr, Md)$$

$$\begin{aligned} SDUT(n) = & F_{s2} \cdot \sum_{j=1}^n e(j) + F_{x2} \cdot T_{o2}(n) + F_{x3} \cdot T_{ht}(n) \\ & + \sum_{i=1}^{Mr} [F_{r2}(i) \cdot R(n+i)] + F_{dt2} \cdot T_{gd}(n) \quad \dots\dots (36) \end{aligned}$$

ここで、式 (36) の右辺の第 1 項～第 3 項までの係数 F_{s2} , F_{x2} , F_{x3} と、第 4 項に係わる係数 $F_{r2}(i)$ ($i = 1, 2, \dots, Mr$) と、第 5 項に係わる係数 F_{dt2} は、それぞれ、次式 (37-1) ～ (37-3)

により与えられる係数である。

$$F2 \equiv (F_{s2}, F_{x2}, F_{x3}) \\ = -[H0 + G2^T \cdot P2 \cdot G2]^{-1} \cdot G2^T \cdot P2 \cdot \Phi 2 \quad \dots\dots (37-1)$$

$$Fr2(i) = -[H0 + G2^T \cdot P2 \cdot G2]^{-1} \cdot G2^T \cdot (\xi 2^T)^{i-1} \cdot P2 \cdot Gr2 \\ (i=1, 2, \dots, Mr) \quad \dots\dots (37-2)$$

$$Fdt2 = \sum_{i=0}^{Md} \{-[H0 + G2^T \cdot P2 \cdot G2]^{-1} \cdot G2^T \cdot (\xi 2^T)^i \cdot P2 \cdot Gd2\} \\ \dots\dots (37-3)$$

但し、

$$P2 = Q0 + \Phi 2^T \cdot P2 \cdot \Phi 2 \\ - \Phi 2 \cdot P2 \cdot G2 \cdot [H0 + G2^T \cdot P2 \cdot G2]^{-1} \cdot G2^T \cdot P2 \cdot \Phi 2 \\ \xi 2 = \Phi 2 + G2 \cdot F2$$

尚、評価関数 $J 2$ に係わる重み行列 $Q 0$ 、 $H 0$ 、並びに、目標値予見時間 Mr 及び排ガス温度予見時間 Md は、本実施形態では前記第 1 実施形態と同一としているが、第 1 実施形態とは異なる値を設定するようにしてもよい。また、式 (36) の係数 $F s2$ 、 $F x2$ 、 $F x3$ 、 $F r2(i)$ 、 $F dt2$ は、必ずしも式 (37-1) ~ (37-3) の定義式通りの値を用いる必用はなく、実験やシミュレーションを通じて適宜調整した値を用いるようにしてもよい。さらには、ヒータ温度、素子温等に応じて変更してもよい。また、本実施形態では、前記第 1 実施形態と同様、排ガス温度 Tgd は Md ステップ後の未来まで現在値に維持されるとしているが、未来の各時刻の Tgd が検出もしくは推定可能な場合には、それらの値を用いて制御入力 DUT を求めるようにしてもよい（この場合には、 $F dt2$ はベクトルとなる）。

前記式 (36) が、本実施形態でヒータコントローラ 32 によりヒータ 13 を制御するための基本制御入力 $SDUT(n)$ を逐次算出するための

演算式である。すなわち、ヒータコントローラ 22 は、基本制御入力 $SDUT(n)$ を該ヒータコントローラ 22 の制御処理のサイクルタイム（周期）毎に式（36）により逐次算出する。そして、ヒータコントローラ 22 は、前記第 1 実施形態と同様に、この基本制御入力 $SDUT(n)$ を、

5 前記式（25）によりバッテリー電圧 V_B に応じて補正することにより、デューティ $DUT(n)$ を求める。尚、式（36）の右辺の第 1 から第 3 項まで（ $\sum e(j)$ を含む項～ $T_{ht}(n)$ を含む項まで）は、素子温偏差 e や素子温度 T_{o2} 、ヒータ温度 T_{ht} に応じた制御入力成分（最適制御アルゴリズムに基づくフィードバック成分）である。より詳しくは、第 1 項は

10 素子温偏差 e に応じた制御入力成分、第 2 項は素子温度 T_{o2} に応じた制御入力成分、第 3 項はヒータ温度 T_{ht} に応じた制御入力成分である。また、式（36）の右辺第 4 項（ $\sum F_{r2}(i) \cdot R(n+i)$ の項）と、右辺第 5 項（ $T_{gd}(n)$ を含む項）とは、それぞれ目標値 R 、排ガス温度 T_{gd} に応じた制御入力成分（予見制御アルゴリズムに基づくフィードフォー

15 ド成分）である。

ここで、式（36）により基本制御入力 $SDUT(n)$ を求めるために必要な素子温度 T_{o2} 及びヒータ温度 T_{ht} は、それぞれ、前記素子温オブザーバ 20 により求められた素子温度 T_{o2} の推定値の最新値、ヒータ温度 T_{ht} の推定値の最新値が用いられ、式（36）の排ガス温度 T_{gd}

20 は、前記排気温オブザーバ 19 により求められた排ガス温度 T_{gd} の推定値の最新値が用いられる。

さらに、式（36）の演算に必要な素子温偏差 e は、前記素子温オブザーバ 20 により求められた素子温度 T_{o2} の推定値の最新値と、前記目標値設定手段 21 により前記目標値予見時間 M_r 前のサイクルタイム

25 で設定された目標値 $R(n)$ とから算出される。また、式（36）の右辺第 4 項は、目標値設定手段 21 により前記目標値予見時間 M_r 前のサイ

クルタイムより1サイクル後のサイクルタイムから、現在までに設定された目標値 R の時系列データ $R(n+1)$ 、 $R(n+2)$ 、 \dots 、 $R(n+Mr)$ を用いて算出される。

5 以上説明した以外の処理は、前記第1実施形態と同一である。より詳しくは、本実施形態では、ヒータコントローラ22は、図10のSTEP5-4において、式(36)、(37)により $DUT(n)$ を求める。そして、そのSTEP5-4の処理以外の処理は、前記第1実施形態と全く同一である。かかる本実施形態においても、前記第1実施形態と同様に、素子温度 T_{O2} が目標値 R に制御されることとなる。この場合、
10 前記基本制御入力 $SDUT$ は、前記第1実施形態と異なり、素子温偏差 e に直接的に比例した入力成分は含んでいないものの、特に、素子温度 T_{O2} に応じた成分(式(36)の第2項)を含んでいる。このため、エンジン1の運転開始直後や、目標値設定手段21により目標値 R が低温側の目標値(本実施形態では600℃)から高温側の目標値(75
15 0℃~800℃)に切換えられた場合に、素子温度 T_{O2} が目標値 R に近づいていくときに、素子温度 T_{O2} が目標値 R に対してオーバシュートを生じるのを効果的に防止することができる。尚、基本制御入力 $SDUT$ 、ひいてはデューティ DUT が、ヒータ温度 T_{ht} や、目標値 R 、排ガス温度 T_{gd} に応じた入力成分を含むことによる効果は、前記第1
20 実施形態と同様である。

次に、本発明の第4実施形態を説明する。尚、本実施形態は、前記第2実施形態のものと、ヒータコントローラの処理のみが相違するものである。第2実施形態と同一構成部分及び同一機能部分については、第2実施形態と同一の図面及び参照符号(第2実施形態で援用した第1
25 実施形態のものを含む)を用いて説明を省略する。

本実施形態は、前記第2実施形態で説明したヒータコントローラ3

2 (図14)の処理のみが、該第2実施形態と相違するものであり、前記第3実施形態で説明したような形態の最適予見制御アルゴリズムによりデューティ DUT を求めるものである。すなわち、本実施形態では、ヒータコントローラ32の制御対象の状態量を、ヒータ温度 T_{ht} と目

5 標値 R' との偏差(ヒータ温偏差) e' と、素子温度 T_{o2} の所定時間毎の変化量 ΔT_{o2} と、ヒータ温度 T_{ht} の所定時間毎の変化量 ΔT_{ht} とからなる状態量ベクトル $X_3(n) = (e'(n), \Delta T_{o2}(n), \Delta T_{ht}(n))^T$ をヒータコントローラ32の制御対象の状態量とする。つまり、本実施形態での制御対象の状態量は、前記第3実施形態における状態量ベク

10 トル $X_2(n) = (e(n), \Delta T_{o2}(n), \Delta T_{ht}(n))^T$ の素子温偏差 $e(n)$ の代わりに、ヒータ温偏差 $e'(n)$ を用いたものである。この場合、ヒータ温偏差 e' の所定時間毎の変化量 $\Delta e'$ を改めて $\Delta e'(n+1) = e'(n+1) - e'(n)$ と定義し直したとき、前記第3実施形態と同様の考え方によって、制御対象モデルは、次式(38)により表される。

$$X_3(n+1) = \Phi_3 \cdot X_3(n) + G_3 \cdot \Delta SDUT(n) + G_d3 \cdot \Delta T_{gd}(n) + G_r3 \cdot \Delta R'(n+1) \quad \dots\dots (38)$$

$$\text{但し、 } X_3(n) = (e'(n), \Delta T_{o2}(n), \Delta T_{ht}(n))^T$$

$$\Phi_3 = \begin{bmatrix} 1 & Cx \cdot dtc & 1 - Cx \cdot dtc - Fx \cdot dtc \\ 0 & 1 - Ax \cdot dtc - Bx \cdot dtc - Ex \cdot dtc & Bx \cdot dtc \\ 0 & Cx \cdot dtc & 1 - Cx \cdot dtc - Fx \cdot dtc \end{bmatrix}$$

$$G_3 = (Dx \cdot dtc, 0, Dx \cdot dtc)^T$$

$$G_d3 = (0, Ax \cdot dtc, 0)^T$$

$$G_r3 = (-1, 0, 0)^T$$

15

そして、本実施形態でヒータコントローラ32が求める基本制御入力 SDUT (バッテリー電圧 VB が基準値 NVB に等しいときの制御入力) は、

次式（３９）の評価関数 J_3 を最小化するような $\Delta SDUT$ （式（３８）のモデル上での制御入力）を積分したものとして、式（４０）により与えられる。

$$J_3 = \sum_{n=-M+1}^{\infty} [X_3^T(n) \cdot Q_0 \cdot X_3(n) + \Delta SDUT^T(n) \cdot H_0 \cdot \Delta SDUT(n)] \cdots \cdots (39)$$

但し、 $M = \max(M_r, M_d)$

5

$$\begin{aligned} SDUT(n) = & F_{s3} \cdot \sum_{j=1}^n e'(j) + F_{x4} \cdot To_2(n) + F_{x5} \cdot Tht(n) \\ & + \sum_{i=1}^{M_r} [Fr_3(i) \cdot R'(n+i)] + F_{dt3} \cdot Tgd(n) \cdots \cdots (40) \end{aligned}$$

ここで、式（４０）の右辺の第１項～第３項までの係数 F_{s3} , F_{x4} , F_{x5} と、第４項に係わる係数 $Fr_3(i)$ ($i = 1, 2, \dots, M_r$) と、第５項に係わる係数 F_{dt3} は、それぞれ、次式（４１－１）～（４１－３）

10 により与えられる係数である。

$$F3 \equiv (Fs3, Fx4, Fx5) \\ = -[H0 + G3^T \cdot P3 \cdot G3]^{-1} \cdot G3^T \cdot P3 \cdot \Phi 3 \quad \dots\dots(41-1)$$

$$Fr3(i) = -[H0 + G3^T \cdot P3 \cdot G3]^{-1} \cdot G3^T \cdot (\xi 3^T)^{i-1} \cdot P3 \cdot Gr3 \\ (i=1, 2, \dots, Mr) \quad \dots\dots(41-2)$$

$$Fdt3 = \sum_{i=0}^{Md} \{-[H0 + G3^T \cdot P3 \cdot G3]^{-1} \cdot G3^T \cdot (\xi 3^T)^i \cdot P3 \cdot Gd3\} \\ \dots\dots(41-3)$$

但し、

$$P3 = Q0 + \Phi 3^T \cdot P3 \cdot \Phi 3 \\ - \Phi 3 \cdot P3 \cdot G3 \cdot [H0 + G3^T \cdot P3 \cdot G3]^{-1} \cdot G3^T \cdot P3 \cdot \Phi 3 \\ \xi 3 = \Phi 3 + G3 \cdot F3$$

尚、評価関数 $J3$ に係わる重み行列 $Q0$ 、 $H0$ 、並びに、目標値予見時間 Mr 及び排ガス温度予見時間 Md は、本実施形態では前記第 1 実施形態と同一としているが、第 1 実施形態とは異なる値を設定するようにしてもよい。また、式 (40) の係数 $Fs3$ 、 $Fx4$ 、 $Fx5$ 、 $Fr3(i)$ 、 $Fdt3$ は、必ずしも式 (41-1) ~ (41-3) の定義式通りの値を用いる必用はなく、実験やシミュレーションを通じて適宜調整した値を用いるようにしてもよい。さらには、ヒータ温度、素子温等に応じて変更してもよい。また、本実施形態では、前記第 1 実施形態と同様、排ガス温度 Tgd は Md ステップ後の未来まで現在値に維持されるとしているが、未来の各時刻の Tgd が検出もしくは推定可能な場合には、それらの値を用いて制御入力 DUT を求めるようにしてもよい（この場合には、 $Fdt3$ はベクトルとなる）。

前記式 (40) が、本実施形態でヒータコントローラ 32 によりヒータ 13 を制御するための基本制御入力 $SDUT(n)$ を逐次算出するための演算式である。すなわち、ヒータコントローラ 32 は、基本制御入力 $SDUT(n)$ を該ヒータコントローラ 32 の制御処理のサイクルタイム（周

期) 毎に式 (40) により逐次算出する。そして、ヒータコントローラ
32は、前記第1実施形態と同様に、この基本制御入力 $SDUT(n)$ を、
前記式 (25) によりバッテリー電圧 VB に応じて補正することにより、
デューティ $DUT(n)$ を求める。尚、式 (40) の右辺の第1から第3項
5 まで ($\sum e'(j)$ を含む項 $\sim T_{ht}(n)$ を含む項まで) は、ヒータ温偏差
 e' や素子温度 T_{o2} 、ヒータ温度 T_{ht} に応じた制御入力成分 (最適制
御アルゴリズムに基づくフィードバック成分) である。より詳しくは、
第1項はヒータ温偏差 e' に応じた制御入力成分、第2項は素子温度 T_{o2}
に T_{o2} に応じた制御入力成分、第3項はヒータ温度 T_{ht} に応じた制御入力
10 成分である。また、式 (40) の右辺第4項 ($\sum Fr3(i) \cdot R'(n+i)$ の
項) と、右辺第5項 ($T_{gd}(n)$ を含む項) とは、それぞれ目標値 R' 、
排ガス温度 T_{gd} に応じた制御入力成分 (予見制御アルゴリズムに基づ
くフィードフォワード成分) である。

ここで、式 (40) により基本制御入力 $SDUT(n)$ を求めるために必
15 要な素子温度 T_{o2} 及び排ガス温度 T_{gd} は、それぞれ、前記素子温オブ
ザーバ20により求められた素子温度 T_{o2} の推定値の最新値、前記排
気温オブザーバ19により求められた排ガス温度 T_{gd} の推定値の最新
値が用いられる。さらに、式 (40) の演算に必要なヒータ温偏差 e'
は、前記素子温オブザーバ20により求められたヒータ温度 T_{ht} の推
20 定値の最新値と、前記目標値設定手段31により前記目標値予見時間 M_r
 r 前のサイクルタイムで設定された目標値 $R'(n)$ とから算出される。
また、式 (40) の右辺第4項は、目標値設定手段31により前記目標
値予見時間 M_r 前のサイクルタイムより1サイクル後のサイクルタイム
から、現在までに設定された目標値 R' の時系列データ $R'(n+1)$ 、
25 $R'(n+2)$ 、 \dots 、 $R'(n+M_r)$ を用いて算出される。

以上説明した以外の処理は、前記第2実施形態と同一である。かかる

本実施形態においても、前記第 2 実施形態と同様に、ヒータ温度 T_{ht} が目標値 R' に制御され、ひいては、素子温度 T_{O_2} が該目標値 R' に対応した温度に制御されることとなる。この場合、前記基本制御入力 SDUT は、前記第 2 実施形態と異なり、ヒータ温偏差 e' に直接的に比例した入力成分は含んでいないものの、特に、ヒータ温度 T_{ht} に応じた成分（式（40）の第 3 項）を含んでいる。このため、エンジン 1 の運転開始直後や、目標値設定手段 31 により目標値 R' が低温側の目標値（本実施形態では 700°C ）から高温側の目標値（ $850^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$ ）に切換えられた場合に、ヒータ温度 T_{ht} が目標値 R' に近づいていくときに、ヒータ温度 T_{ht} が目標値 R' に対してオーバシュートを生じるのを効果的に防止することができる。ひいては、素子温度 T_{O_2} をヒータ温度 T_{ht} の目標値 R' に対応した温度に円滑に収束させることができる。また、基本制御入力 SDUT、ひいてはデューティ DUT が、ヒータ温度 T_{O_2} や、目標値 R' 、排ガス温度 T_{gd} に応じた入力成分を含むことによる効果は、前記第 2 実施形態と同様である。

尚、以上説明した第 1 ～ 第 4 実施形態では、排ガス温度 T_{gd} を推定するようにしたが、例えば O_2 センサ 8 の近傍に、排ガス温度センサを設け、この排ガス温度センサにより排ガス温度 T_{gd} を検出するようにしてもよい。また、 O_2 センサ 8 から離間した場所に排ガス温度センサが備えられている場合であっても、排気系のレイアウト等によって、その排ガス温度センサの検出温度が O_2 センサ 8 の近傍の排ガス温度 T_{gd} とほぼ同等になるような場合には、その検出温度を O_2 センサ 8 の近傍の排ガス温度 T_{gd} として代用的に用いるようにしてもよい。このように排ガス温度センサの検出温度を用いる場合にあっては、前記式（10-1）の排ガス温度 T_{gd} の値として、排ガス温度センサの検出値（最新値）を用いて、素子温度 T_{O_2} 及びヒータ温度 T_{ht} を推定する。さら

に、式（24）あるいは式（28）あるいは式（36）あるいは式（40）の排ガス温度 T_{gd} の値として、排ガス温度センサの検出値（最新値）を用いて、基本デューティ $SDUT$ を算出し、さらに式（25）によりデューティ DUT を算出するようにすればよい。

5 さらに、 O_2 センサ 8 から離間した場所に排ガス温度センサが備えられている場合で、その排ガス温度センサの検出温度が O_2 センサ 8 の近傍の排ガス温度 T_{gd} と必ずしも同等にならないような場合には、排ガス温度センサの検出温度を用いて O_2 センサ 8 の近傍の排ガス温度 T_{gd} を推定するようにすることも可能である。例えば、前記部分排気通路 3
10 b における排ガス温度 T_{gb} を検出できる排ガス温度センサが備えられている場合には、前記式（8-1）における排ガス温度 T_{gb} として検出値を用いることで、式（8）及び式（9）の演算により、 O_2 センサ 8 の近傍の排ガス温度 T_{gd} を推定できる。尚、この場合には、式（1）、（5）、（6）の演算処理は不要となる。

15 また、前記第 1 及び第 2 実施形態では、素子温度 T_{O_2} 及びヒータ温度 T_{ht} の両者を推定するようにしたが、いずれか一方、もしくは両者を温度センサにより直接的に検出するようにしてもよい。素子温度 T_{O_2} を検出するようにした場合には、式（10-2）の素子温度 T_{O_2} の値として、該素子温度 T_{O_2} の検出値を用いて、ヒータ温度 T_{ht} を推定す
20 る。さらに、式（24）あるいは式（28）あるいは式（36）あるいは式（40）の演算におけるヒータ温度 T_{ht} として、推定値を用いると共に、素子温度 T_{O_2} の値として、該素子温度 T_{O_2} の検出値を用いることで、デューティ DUT を算出するようにすればよい。また、ヒータ温度 T_{ht} を検出するようにした場合には、式（10-1）のヒータ温
25 度 T_{ht} の値として、該ヒータ温度 T_{ht} の検出値を用いて、素子温度 T_{O_2} を推定する。さらに、式（24）あるいは式（28）あるいは式

(36)あるいは式(40)の演算における素子温度 T_{O_2} として、推定値を用いると共に、ヒータ温度 T_{ht} の値として、該ヒータ温度 T_{ht} の検出値を用いることで、デューティ DUT を算出するようにすればよい。また、素子温度 T_{O_2} 及びヒータ温度 T_{ht} の両者を温度センサで検出するようにした場合には、式(24)あるいは式(28)あるいは式(36)あるいは式(40)の演算における素子温度 T_{O_2} 及びヒータ温度 T_{ht} の値として、それらの検出値を用いることで、デューティ DUT を算出するようにすればよい。

また、前記第1及び第2実施形態では、最適予見制御のアルゴリズムにより O_2 センサ8の素子温度 T_{O_2} 又はヒータ温度 T_{ht} を目標値 R 又は R' に制御するようにしたが、本発明はこれに限られるものではない。

例えば予見制御のアルゴリズムを含まない通常的な最適制御のアルゴリズムにより制御入力 DUT を求めるようにしてもよい。この場合には、式(24)又は式(36)の右辺から、第4項($R(n+i)$ を含む項)と第5項($T_{gd}(n)$ を含む項)とを除去した式、あるいは、式(28)又は式(40)の右辺から、第4項($R'(n+i)$ を含む項)と第5項($T_{gd}(n)$ を含む項)とを除去した式によって、制御入力 DUT を逐次算出するようにすればよい。このようにした場合には、制御入力 DUT を求めるヒータコントローラは、式(17)あるいは式(27)あるいは式(35)あるいは式(39)で $M=0$ としてなる評価関数 J_0 又は J_1 又は J_2 又は J_3 の値を最小化するように制御入力 DUT を求める最適サーボコントローラとなる。

あるいは、例えば、式(24)の右辺から、第3項(ヒータ温度 T_{ht} に応じた成分)、第4項($R(n+i)$ を含む項)及び第5項($T_{gd}(n)$ を含む項)のいずれか一つもしくは二つを除去した式によって、制御入力 DUT を算出するようにしてもよい。また、例えば式(28)の右辺か

ら、第3項（素子温度 T_{O_2} に応じた成分）、第4項（ $R'(n+i)$ を含む項）及び第5項（ $T_{gd}(n)$ を含む項）のいずれか一つもしくは二つを除去した式によって、制御入力 DUT を算出するようにしてもよい。また、例えば式（36）の右辺から、第3項（ヒータ温度 T_{ht} に応じた成分）、
5 第4項（ $R(n+i)$ を含む項）及び第5項（ $T_{gd}(n)$ を含む項）のいずれか一つもしくは二つを除去した式によって、制御入力 DUT を算出するようにしてもよい。また、例えば式（40）の右辺から、第2項（素子温度 T_{O_2} に応じた成分）、第4項（ $R'(n+i)$ を含む項）及び第5項（ $T_{gd}(n)$ を含む項）のいずれか一つもしくは二つを除去した式によって、
10 制御入力 DUT を算出するようにしてもよい。また、例えば式（24）もしくは式（36）における素子温偏差 e に応じた成分や、式（28）もしくは式（40）におけるヒータ温偏差 e' に応じた成分を PI 制御則や、 PID 制御則によって求めるようにしてもよい。

また、前記各実施形態では、 O_2 センサ8の素子温度 T_{O_2} を制御する
15 場合を例にとって説明したが、 O_2 センサ8以外の排ガスセンサ（例えば、前記広域空燃比センサ9や、排ガスの水分含有量に応じた出力を発生する湿度センサ等）についても本発明を適用することができることはもちろんである。

また、内燃機関としては、通常のポート噴射式内燃機関、筒内直接噴
20 射型火花点火式内燃機関、ディーゼル機関等、さらには船外機用の内燃機関等についても本発明を適用可能であることは言うまでも無い。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明は自動車、ハイブリッド車、船外機等に搭載さ
25 れる内燃機関の排気系に備えた排ガスセンサの温度を、該排ガスセンサの出力特性の安定化等のために所望の温度に好適に制御し得る技術とし

て有用である。

請 求 の 範 囲

1. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御装置であって、

- 5 前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する手段と、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とする排ガスセンサの温度制御装置。
- 10

2. 前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する手段を備え、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、該排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分を含むことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。
- 15

3. 前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、前記目標温度に応じた入力成分を含むことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。
- 20

4. 前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分を含むことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

5. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御装置であって、
- 25

前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する手段と、前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する手段と、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とする排ガスセンサの温度制御装置。

6. 前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、前記目標温度に応じた入力成分を含むことを特徴とする請求の範囲第5項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

7. 前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分を含むことを特徴とする請求の範囲第5項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

8. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御装置であって、

前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する手段と、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該目標温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とする排ガスセンサの温度制御装置。

9. 前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分を含むことを特徴とする請求の範囲第8項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

10. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御装置であって、

前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する手段と、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該素子部の温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とする排ガスセンサの温度制御装置。

11. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を過熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御装置であって、

前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する手段と、前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する手段と、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分と、前記排ガス温度デー

タが表す排ガスの温度に応じた入力成分と、前記目標温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とする排ガスセンサの温度制御装置。

- 1 2 . 前記ヒータ制御手段が逐次生成する制御入力における前記排ガスの温度に応じた入力成分は、該排ガスの温度の現在値と第 1 所定時間後
5 の該排ガスの温度の未来値とを含む該排ガスの温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を予見制御のアルゴリズムにより前記ヒータ制御手段が生成することを特徴とする請求の範囲第 2 項、第 5 項～第 7 項、及び第 1 1 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。
- 10 1 3 . 前記ヒータ制御手段は、前記排ガスの温度の第 1 所定時間後までの未来値が、該排ガスの温度の現在値と同一であるとして前記制御入力を生成することを特徴とする請求の範囲第 1 2 項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。
- 15 1 4 . 前記ヒータ制御手段が逐次生成する前記目標温度に応じた入力成分は、該目標温度の現在値と第 2 所定時間後における該目標温度の未来値とを含む該目標温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を予見制御のアルゴリズムにより前記ヒータ制御手段が生成することを特徴とする請求の範囲第 3 項、第 6 項、第 8 項、第 9 項及び第 1 1 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制
20 御装置。
- 1 5 . 前記ヒータ制御手段は、最適制御のアルゴリズムにより前記制御入力を生成することを特徴とする請求の範囲第 1 項～第 1 1 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。
- 1 6 . 前記ヒータ制御手段は、最適予見制御のアルゴリズムにより前記
25 制御入力を生成することを特徴とする請求の範囲第 1 2 項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

17. 前記ヒータ制御手段は、最適予見制御のアルゴリズムにより前記制御入力を生成することを特徴とする請求の範囲第14項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

18. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御装置であって、

前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように該ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とする排ガスセンサの温度制御装置。

19. 前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する手段を備え、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、該排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分を含むことを特徴とする請求の範囲第18項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

20. 前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、前記目標温度に応じた入力成分を含むことを特徴とする請求の範囲第18項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

21. 前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分を含むことを特徴とする請求の範囲第18項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

22. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接

触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御装置であって、

前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する手段と、前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように該ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とする排ガスセンサの温度制御装置。

23. 前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、前記目標温度に応じた入力成分を含むことを特徴とする請求の範囲第22項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

24. 前記ヒータ制御手段が生成する制御入力は、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分を含むことを特徴とする請求の範囲第22項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

25. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御装置であって、

前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、

該目標温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とする排ガスセンサの温度制御装置。

26. 前記ヒータ制御手段が生成する制御入力、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分を含むことを特徴とする請求の
5 範囲第25項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

27. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御装置であって、

- 前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する手段と、前
10 記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、
15 該ヒータの温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とする排ガスセンサの温度制御装置。

28. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御装置であって、

- 20 前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する手段と、前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する手段と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その
25 制御入力に応じてヒータを制御するヒータ制御手段とを備え、該ヒータ制御手段が生成する制御入力は、少なくとも前記ヒータ温度データが表

すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分と、前記目標温度に応じた入力成分とを含むことを特徴とする排ガスセンサの温度制御装置。

- 5 29．前記ヒータ制御手段が逐次生成する制御入力における前記排ガスの温度に応じた入力成分は、該排ガスの温度の現在値と第1所定時間後の該排ガスの温度の未来値とを含む該排ガスの温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を予見制御のアルゴリズムにより前記ヒータ制御手段が生成することを特徴とする請求
- 10 の範囲第19項、第22項～第24項、及び第28項のいずれか1項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

- 30．前記ヒータ制御手段は、前記排ガスの温度の第1所定時間後までの未来値が、該排ガスの温度の現在値と同一であるとして前記制御入力を生成することを特徴とする請求の範囲第29項に記載の排ガスセンサ
- 15 の温度制御装置。

- 31．前記ヒータ制御手段が逐次生成する前記目標温度に応じた入力成分は、該目標温度の現在値と第2所定時間後における該目標温度の未来値とを含む該目標温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を予見制御のアルゴリズムにより前記ヒータ
- 20 制御手段が生成することを特徴とする請求の範囲第20項、第23項、第25項、第26項、及び第28項のいずれか1項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

- 32．前記ヒータ制御手段は、最適制御のアルゴリズムにより前記制御入力を生成することを特徴とする請求の範囲第18項～第28項のい
- 25 ずれか1項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

- 33．前記ヒータ制御手段は、最適予見制御のアルゴリズムにより前記

制御入力を生成することを特徴とする請求の範囲第 2 9 項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

3 4 . 前記ヒータ制御手段は、最適予見制御のアルゴリズムにより前記制御入力を生成することを特徴とする請求の範囲第 3 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

3 5 . 前記内燃機関の始動後、第 3 所定時間が経過するまでの始動直後期間における前記目標温度は、該始動直後期間の経過後における目標温度よりも低い温度に設定されることを特徴とする請求の範囲第 1 項、第 5 項、第 8 項、第 1 0 項、第 1 1 項、第 1 8 項、第 2 2 項、第 2 5 項、
10 第 2 7 項、及び第 2 8 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

3 6 . 前記内燃機関の始動後、第 3 所定時間が経過するまでの始動直後期間における前記目標温度は、該始動直後期間の経過後における目標温度よりも低い温度に設定されることを特徴とする請求の範囲第 1 4 項に
15 記載の排ガスセンサの温度制御装置。

3 7 . 前記内燃機関の始動後、第 3 所定時間が経過するまでの始動直後期間における前記目標温度は、該始動直後期間の経過後における目標温度よりも低い温度に設定されることを特徴とする請求の範囲第 3 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

20 3 8 . 前記ヒータは、パルス幅制御（P W M 制御）によってバッテリーから通電することにより発熱する電熱ヒータであると共に、前記ヒータ制御手段が生成する制御入力、前記パルス幅制御におけるデューティであり、該デューティを前記バッテリーの電圧に応じて補正する手段を備えたことを特徴とする請求の範囲第 1 項、第 5 項、第 8 項、第 1 0 項、第
25 1 1 項、第 1 8 項、第 2 2 項、第 2 5 項、第 2 7 項、及び第 2 8 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御装置。

39. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御方法であって、

5 前記素子部の温度を表す素子温度データと前記ヒータの温度を表すヒータ温度データとを逐次取得しつつ、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする排ガスセンサの温度制御方法。

15 40. 前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得するステップをさらに備え、前記制御入力を生成するとき、該排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする請求の範囲第39項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

20 41. 前記制御入力を生成するとき、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする請求の範囲第39項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

42. 前記制御入力を生成するとき、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする請求の範囲第39項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

25 43. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温

度制御方法であって、

前記素子部の温度を表す素子温度データと前記排ガスの温度を表す排ガス温度データとを逐次取得しつつ、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする排ガスセンサの温度制御方法。

4 4. 前記制御入力を生成するとき、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする請求の範囲第 4 3 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

4 5. 前記制御入力を生成するとき、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする請求の範囲第 4 3 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

4 6. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御方法であって、

前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得しつつ、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該目標温度に応じた入力成分

とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする排ガスセンサの温度制御方法。

47. 前記制御入力を生成するとき、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする請求の範囲第46項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

48. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御方法であって、

10 前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得しつつ、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該素子部の温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする排ガスセンサの温度制御方法。

49. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を過熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御方法であって、

20 前記素子部の温度を表す素子温度データと前記ヒータの温度を表すヒータ温度データと前記排ガスの温度を表す排ガス温度データとを逐次取得しつつ、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記素子温度データが表

す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分と、前記目標温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴と

5 する排ガスセンサの温度制御方法。

50. 前記制御入力に含ませた前記排ガスの温度に応じた入力成分は、該排ガスの温度の現在値と第1所定時間後の該排ガスの温度の未来値とを含む該排ガスの温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を予見制御のアルゴリズムにより生成すること
10 とを特徴とする請求の範囲第40項、第43項～第45項、及び第49項のいずれか1項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

51. 前記予見制御のアルゴリズムは、前記排ガスの温度の第1所定時間後までの未来値が、該排ガスの温度の現在値と同一であるとして前記制御入力を生成するアルゴリズムであることを特徴とする請求の範囲第

15 50項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

52. 前記制御入力に含ませた前記目標温度に応じた入力成分は、該目標温度の現在値と第2所定時間後における該目標温度の未来値とを含む該目標温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を予見制御のアルゴリズムにより生成することを特徴と
20 する請求の範囲第41項、第44項、第46項、第47項及び第49項のいずれか1項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

53. 前記制御入力を、最適制御のアルゴリズムにより生成することを特徴とする請求の範囲第39項～第49項のいずれか1項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

25 54. 前記制御入力を、最適予見制御のアルゴリズムにより生成することを特徴とする請求の範囲第50項に記載の排ガスセンサの温度制御方

法。

5 5 . 前記制御入力を、最適予見制御のアルゴリズムにより生成することを特徴とする請求の範囲第 5 2 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

5 5 6 . 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御方法であって、

前記素子部の温度を表す素子温度データと前記ヒータの温度を表すヒータ温度データとを逐次取得しつつ、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように該ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする排ガスセンサの温度制御方法。

5 7 . 前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得するステップをさらに備え、前記制御入力を生成するとき、該排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする請求の範囲第 5 6 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

5 8 . 前記制御入力を生成するとき、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする請求の範囲第 5 6 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

25 5 9 . 前記制御入力を生成するとき、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として

い生成することを特徴とする請求の範囲第 5 6 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

60. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御方法であって、

10 前記ヒータの温度を表すヒータ温度データと前記排ガスの温度を表す排ガス温度データとを逐次取得しつつ、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように該ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする排ガスセンサの温度制御方法。

15 61. 前記制御入力を生成するとき、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする請求の範囲第 60 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

20 62. 前記制御入力を生成するとき、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする請求の範囲第 60 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

63. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御方法であって、

25 前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得しつつ、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記

ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該目標温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする排ガスセンサの温度制御方法。

6 4. 前記制御入力を生成するとき、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分をさらに含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする請求の範囲第 6 3 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

6 5. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御方法であって、

前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得しつつ、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該ヒータの温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする排ガスセンサの温度制御方法。

6 6. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御方法であって、

前記素子部の温度を表す素子温度データと前記ヒータの温度を表すヒータ温度データと前記排ガスの温度を表す排ガス温度データとを逐次取

得しつつ、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成し、その制御入力に応じてヒータを制御するステップを備え、前記制御入力を生成するとき、少なくとも前記ヒータ温度データ
5 が表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分と、前記目標温度に応じた入力成分とを含む制御入力を前記制御入力として生成することを特徴とする排ガスセンサの温度制御方法。

10 67. 前記制御入力に含ませた前記排ガスの温度に応じた入力成分は、該排ガスの温度の現在値と第1所定時間後の該排ガスの温度の未来値とを含む該排ガスの温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を予見制御のアルゴリズムにより生成することを特徴とする請求の範囲第57項、第60項～第62項、及び第66
15 項のいずれか1項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

68. 前記予見制御のアルゴリズムは、前記排ガスの温度の第1所定時間後までの未来値が、該排ガスの温度の現在値と同一であるとして前記制御入力を生成するアルゴリズムであることを特徴とする請求の範囲第67項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

20 69. 前記制御入力に含ませた前記目標温度に応じた入力成分は、該目標温度の現在値と第2所定時間後における該目標温度の未来値とを含む該目標温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を予見制御のアルゴリズムにより生成することを特徴とする請求の範囲第58項、第61項、第63項、第64項、及び第66
25 項のいずれか1項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

70. 前記制御入力を、最適制御のアルゴリズムにより生成することを

特徴とする請求の範囲第 5 6 項～第 6 6 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

7 1. 前記制御入力を、最適予見制御のアルゴリズムにより生成することを特徴とする請求の範囲第 6 7 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

7 2. 前記制御入力を、最適予見制御のアルゴリズムにより生成することを特徴とする請求の範囲第 6 9 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

7 3. 前記内燃機関の始動後、第 3 所定時間が経過するまでの始動直後期間における前記目標温度は、該始動直後期間の経過後における目標温度よりも低い温度に設定されることを特徴とする請求の範囲第 3 9 項、第 4 3 項、第 4 6 項、第 4 8 項、第 4 9 項、第 5 6 項、第 6 0 項、第 6 3 項、第 6 5 項、及び第 6 6 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

7 4. 前記内燃機関の始動後、第 3 所定時間が経過するまでの始動直後期間における前記目標温度は、該始動直後期間の経過後における目標温度よりも低い温度に設定されることを特徴とする請求の範囲第 5 2 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

7 5. 前記内燃機関の始動後、第 3 所定時間が経過するまでの始動直後期間における前記目標温度は、該始動直後期間の経過後における目標温度よりも低い温度に設定されることを特徴とする請求の範囲第 6 9 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

7 6. 前記ヒータは、パルス幅制御（PWM 制御）によってバッテリーから通電することにより発熱する電熱ヒータであると共に、前記生成する制御入力は、前記パルス幅制御におけるデューティであり、該デューティを前記バッテリーの電圧に応じて補正するステップを備えたことを特徴

とする請求の範囲第 3 9 項、第 4 3 項、第 4 6 項、第 4 8 項、第 4 9 項、第 5 6 項、第 6 0 項、第 6 3 項、第 6 5 項、及び第 6 6 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御方法。

7 7. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接
5 触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの素子部の温度を制御するための処理をコンピュータに実行させる温度制御用プログラムを記憶保持したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記温度制御用プログラムは、前記素子部の温度を表す素子温度データ
10 と前記ヒータの温度を表すヒータ温度データとを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じて
15 ヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。
20

7 8. 前記温度制御用プログラムは、前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムをさらに含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記
25 排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていること

を特徴とする請求の範囲第 7 7 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

7 9. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第 7 7 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

8 0. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第 7 7 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

8 1. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの素子部の温度を制御するための処理をコンピュータに実行させる温度制御用プログラムを記憶保持したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記温度制御用プログラムは、前記素子部の温度を表す素子温度データと前記排ガスの温度を表す排ガス温度データとを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分と

を含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

8 2. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第 8 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

8 3. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第 8 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

8 4. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの素子部の温度を制御するための処理をコンピュータに実行させる温度制御用プログラムを記憶保持したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記温度制御用プログラムは、前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該目標温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されているこ

とを特徴とする排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

85. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする

5 請求の範囲第84項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

86. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの素子部の温度を制御するための処理をコンピュータに実行させる温度制御

10 用プログラムを記憶保持したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記温度制御用プログラムは、前記素子部の温度を表す素子温度データを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように

15 前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温

20 度との偏差に応じた入力成分と、該素子部の温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

87. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの素子部の温度を制御するための処理をコンピュータに実行させる温度制御

25 用プログラムを記憶保持したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であ

って、

前記素子部の温度を表す素子温度データと前記ヒータの温度を表すヒータ温度データと前記排ガスの温度を表す排ガス温度データとを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記素子温度データが表す素子部の温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記素子温度データが表す素子部の温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分と、前記目標温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

88. 前記制御入力に含まれる前記排ガスの温度に応じた入力成分は、該排ガスの温度の現在値と第1所定時間後の該排ガスの温度の未来値とを含む該排ガスの温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させる前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、予見制御のアルゴリズムであることを特徴とする請求の範囲第78項、第81項～第83項、及び第87項のいずれか1項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

89. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記排ガスの温度の第1所定時間後までの未来値が、該排ガスの温度の現在値と同一であるとして前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成さ

れていることを特徴とする請求の範囲第 8 8 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

9 0. 前記制御入力に含まれる前記目標温度に応じた入力成分は、該目標温度の現在値と第 2 所定時間後における該目標温度の未来値とを含む
5 該目標温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させる前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、予見制御のアルゴリズムであることを特徴とする請求の範囲第 7 9 項、第 8 2 項、第 8 4 項、第 8 5 項及び第 8 7 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒
10 体。

9 1. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、最適制御のアルゴリズムであることを特徴とする請求の範囲第 7 7 項～第 8 7 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

9 2. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、最適予見制御の
15 アルゴリズムであることを特徴とする請求の範囲第 8 8 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

9 3. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、最適予見制御のアルゴリズムであることを特徴とする請求の範囲第 9 0 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

20 9 4. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの素子部の温度を制御するための処理をコンピュータに実行させる温度制御用プログラムを記憶保持したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

25 前記温度制御用プログラムは、前記素子部の温度を表す素子温度データと前記ヒータの温度を表すヒータ温度データとを逐次取得する処理を

前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように該ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

95. 前記温度制御用プログラムは、前記排ガスの温度を表す排ガス温度データを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムをさらに含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、該排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第94項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

96. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第94項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

97. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第94項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの

記録媒体。

98. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの素子部の温度を制御するための処理をコンピュータに実行させる温度制御用プログラムを記憶保持したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記温度制御用プログラムは、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データと前記排ガスの温度を表す排ガス温度データとを取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように該ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

99. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記目標温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第98項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

100. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴と

する請求の範囲第 9 8 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

- 1 0 1. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの
- 5 素子部の温度を制御するための処理をコンピュータに実行させる温度制御用プログラムを記憶保持したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

- 前記温度制御用プログラムは、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、
- 10 前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴ
- 15 リズムは、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、該目標温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。
- 1 0 2. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度に応じた入力成分をさらに含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第 1 0 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。
- 20

- 1 0 3. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに
- 25 接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの素子部の温度を制御するための処理をコンピュータに実行させる温度制

御用プログラムを記憶保持したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

- 前記温度制御用プログラムは、前記ヒータの温度を表すヒータ温度データを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、
- 5 前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記
- 10 目標温度との偏差に応じた入力成分と、該ヒータの温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。
- 15 104. 内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの素子部の温度を制御するための処理をコンピュータに実行させる温度制御用プログラムを記憶保持したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、
- 20 前記温度制御用プログラムは、前記素子部の温度を表す素子温度データと前記ヒータの温度を表すヒータ温度データと前記排ガスの温度を表す排ガス温度データとを逐次取得する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムと、前記ヒータ温度データが表すヒータの温度が所定の目標温度になるように前記ヒータへの発熱用エネルギーの供給量を規定
- 25 する制御入力を逐次生成する処理を前記コンピュータに実行させる制御入力生成プログラムと、その制御入力に応じてヒータを制御する処理を

前記コンピュータに実行させるプログラムとを含み、前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、少なくとも前記ヒータ温度データが表すヒータの温度と前記目標温度との偏差に応じた入力成分と、前記素子温度データが表す素子部の温度に応じた入力成分と、前記排ガス温度データが表す排ガスの温度に応じた入力成分と、前記目標温度に応じた入力成分とを含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成されていることを特徴とする排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

105. 前記制御入力に含まれる前記排ガスの温度に応じた入力成分は、
10 該排ガスの温度の現在値と第1所定時間後の該排ガスの温度の未来値とを含む該排ガスの温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させる前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、予見制御のアルゴリズムであることを特徴とする請求の範囲第95項、第98項～第100項、及び第1
15 04項のいずれか1項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

106. 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記排ガスの温度の第1所定時間後までの未来値が、該排ガスの温度の現在値と同一であるとして前記制御入力を前記コンピュータに生成させるように構成
20 されていることを特徴とする請求の範囲第105項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

107. 前記制御入力に含まれる前記目標温度に応じた入力成分は、該目標温度の現在値と第2所定時間後における該目標温度の未来値とを含む該目標温度の時系列データに応じた入力成分であり、その入力成分を含む前記制御入力を前記コンピュータに生成させる前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、予見制御のアルゴリズムであることを特徴

とする請求の範囲第 9 6 項、第 9 9 項、第 1 0 1 項、第 1 0 2 項、及び第 1 0 4 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

1 0 8 . 前記制御入力生成用プログラムのアルゴリズムは、最適制御の
5 アルゴリズムであることを特徴とする請求の範囲第 9 4 項～第 1 0 4 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

1 0 9 . 前記制御入力生成用プログラムのアルゴリズムは、最適制御の
10 アルゴリズムであることを特徴とする請求の範囲第 1 0 5 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

1 1 0 . 前記制御入力生成用プログラムのアルゴリズムは、最適制御のアルゴリズムであることを特徴とする請求の範囲第 1 0 7 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

1 1 1 . 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記内燃機関
15 の始動後、第 3 所定時間が経過するまでの始動直後期間における前記目標温度が、該始動直後期間の経過後における目標温度よりも低い温度に設定されるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第 7 7 項、第 8 1 項、第 8 4 項、第 8 6 項、第 8 7 項、第 9 4 項、第 9 8 項、第 1 0 1 項、第 1 0 3 項、及び第 1 0 4 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。
20

1 1 2 . 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記内燃機関の始動後、第 3 所定時間が経過するまでの始動直後期間における前記目標温度が、該始動直後期間の経過後における目標温度よりも低い温度に設定されるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第 9 0 項
25 に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

1 1 3 . 前記制御入力生成プログラムのアルゴリズムは、前記内燃機関

の始動後、第 3 所定時間が経過するまでの始動直後期間における前記目標温度は、該始動直後期間の経過後における目標温度よりも低い温度に設定されるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第 1 0 7 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

- 5 1 1 4 . 前記ヒータは、パルス幅制御（P W M 制御）によってバッテリーから通電することにより発熱する電熱ヒータであると共に、前記制御入力生成プログラムにより前記コンピュータに生成させる前記制御入力とは、前記パルス幅制御におけるデューティであり、前記温度制御用プログラムは、前記制御入力生成プログラムにより生成させた該デューティ
- 10 を前記バッテリーの電圧に応じて補正する処理を前記コンピュータに実行させるプログラムをさらに含むことを特徴とする請求の範囲第 7 7 項、第 8 1 項、第 8 4 項、第 8 6 項、第 8 7 項、第 9 4 項、第 9 8 項、第 1 0 1 項、第 1 0 3 項、及び第 1 0 4 項のいずれか 1 項に記載の排ガスセンサの温度制御用プログラムの記録媒体。

FIG.1

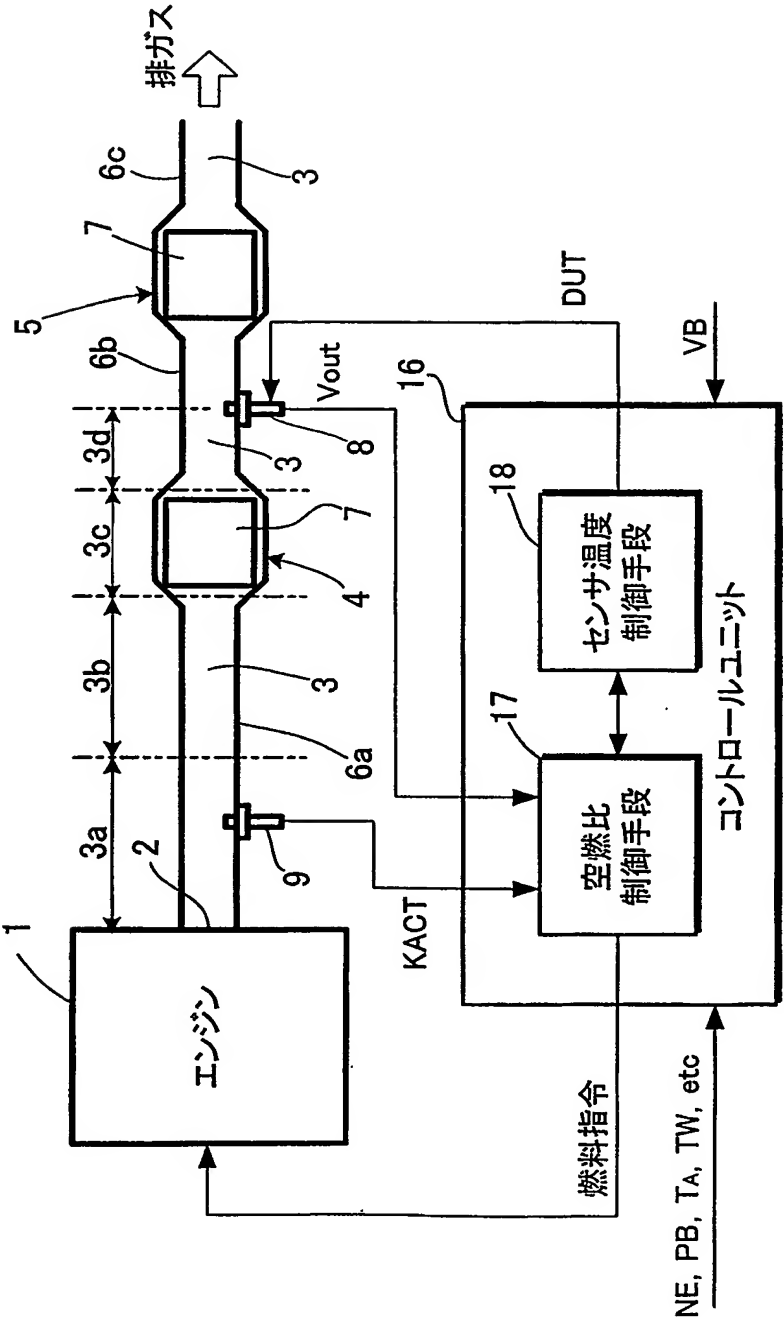


FIG.2

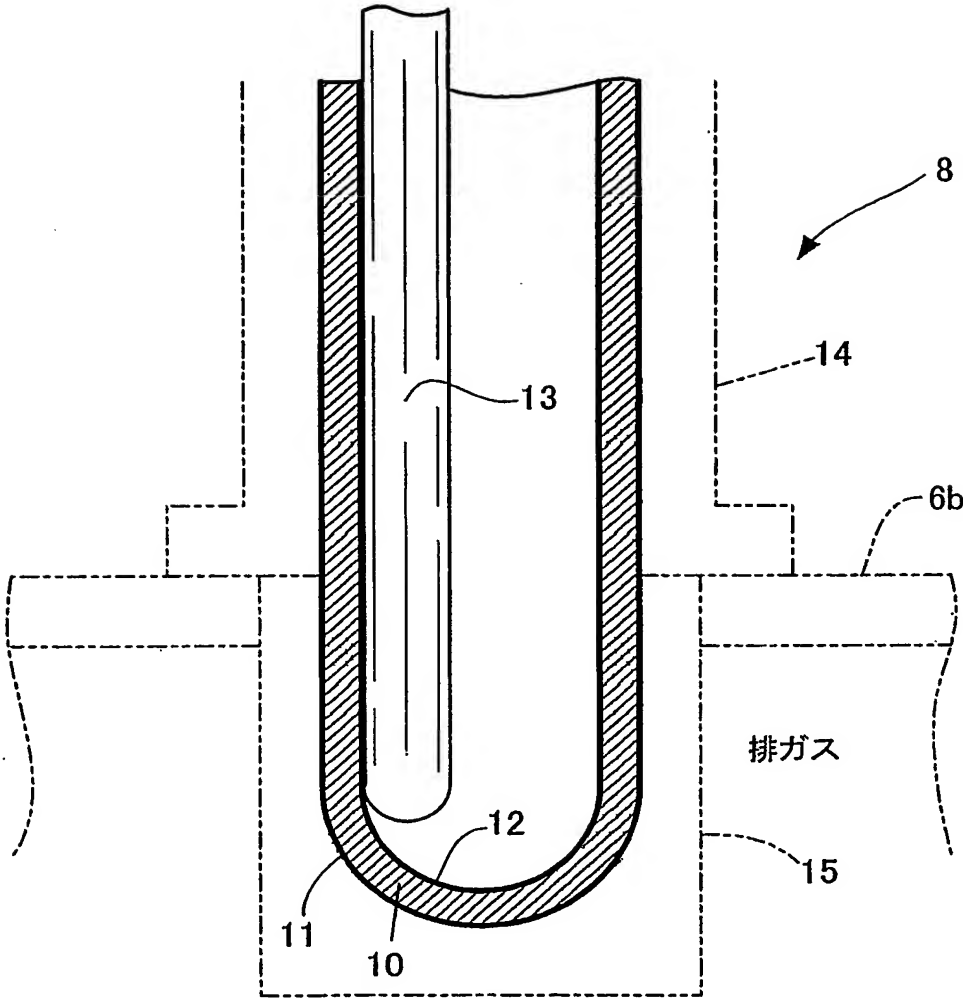
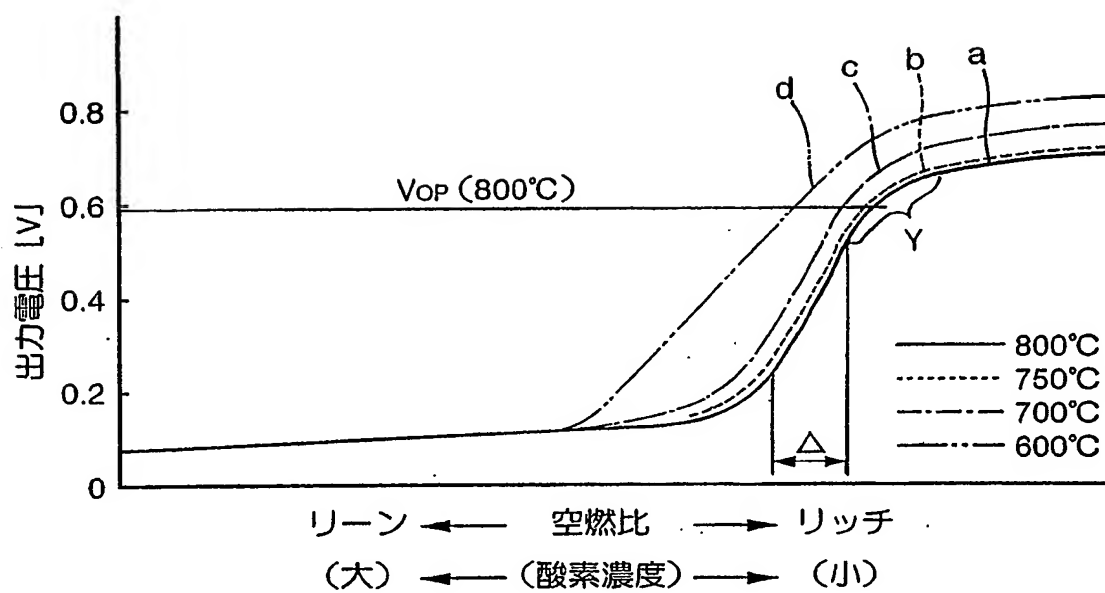


FIG.3



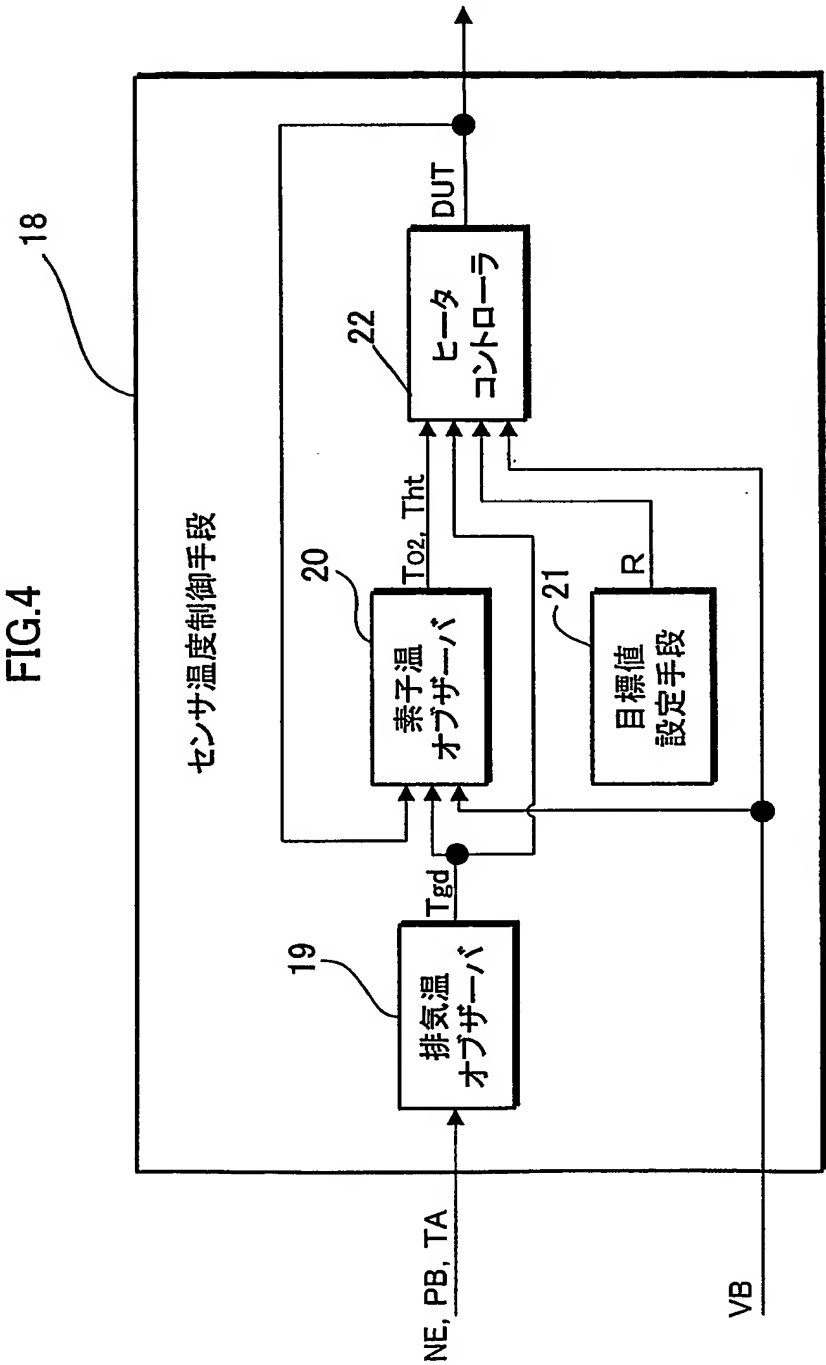


FIG.5

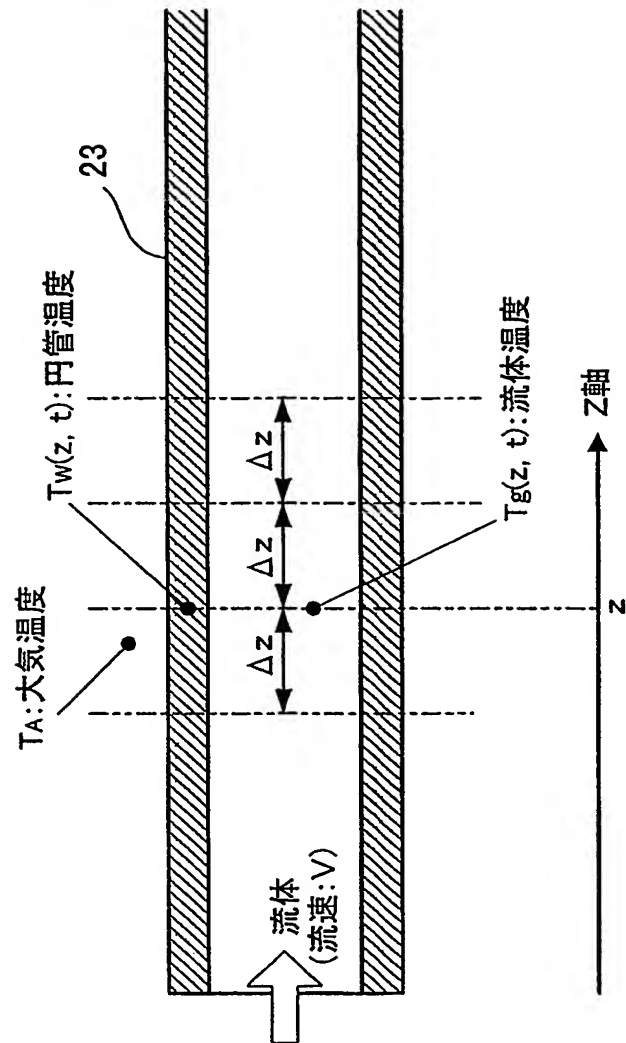


FIG.6

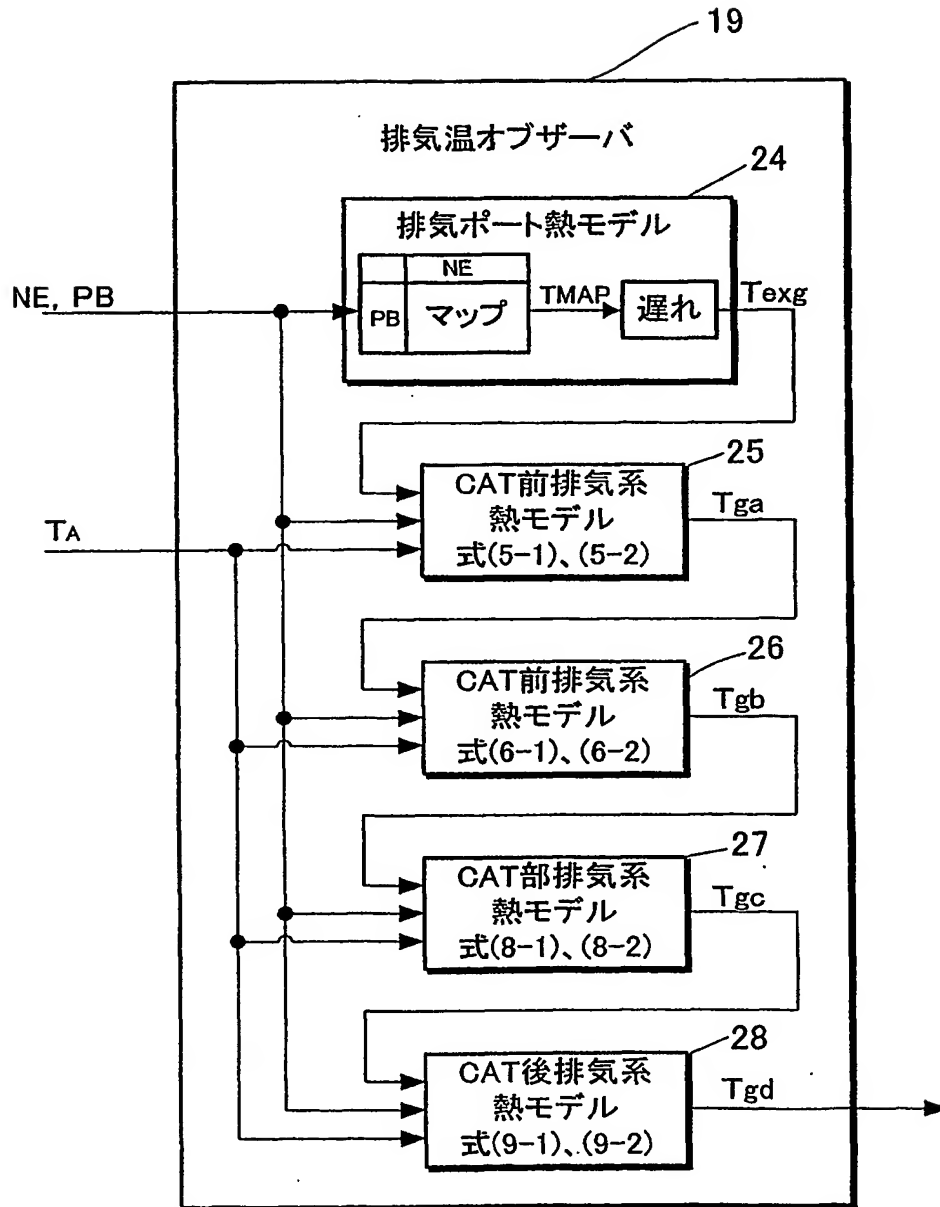
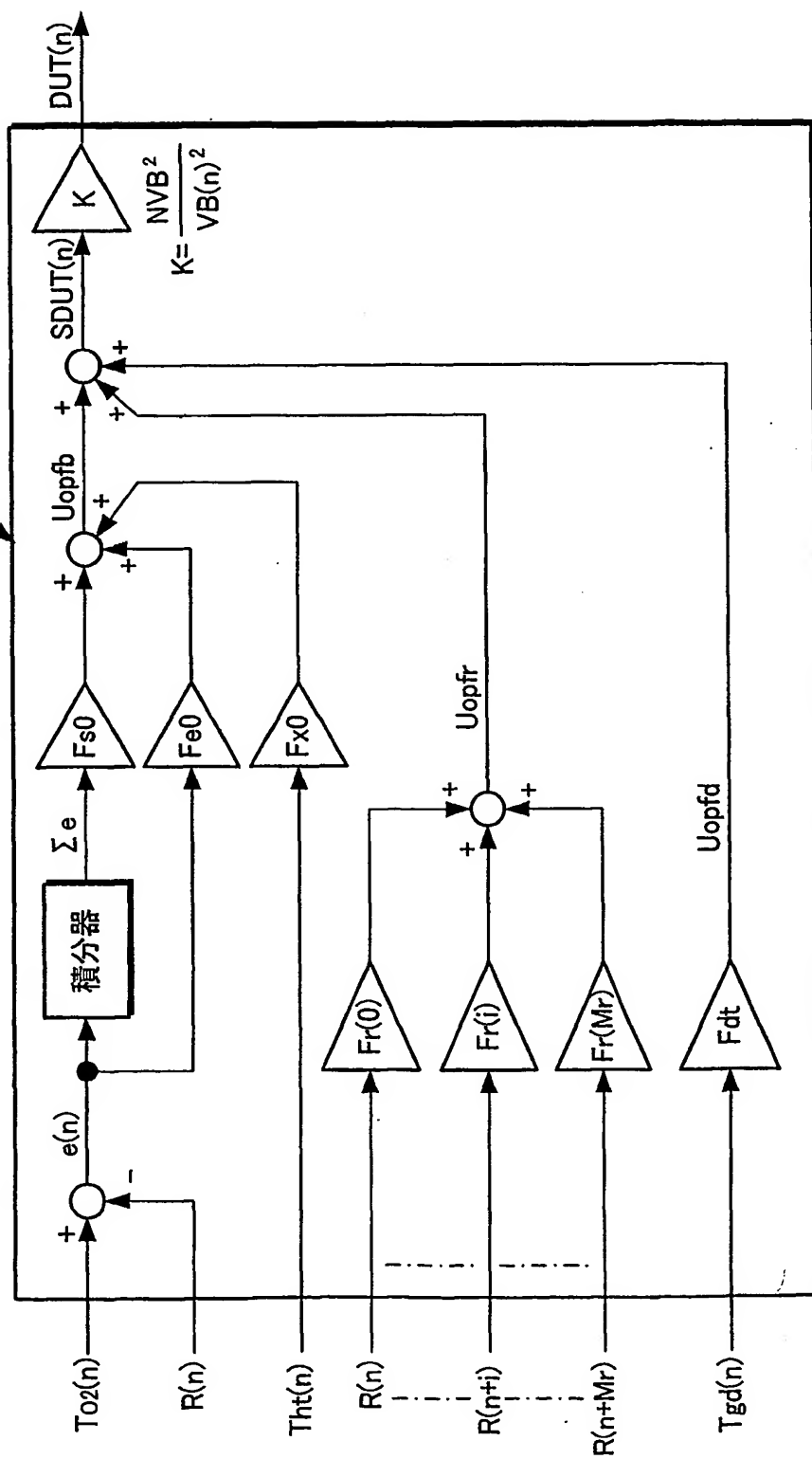
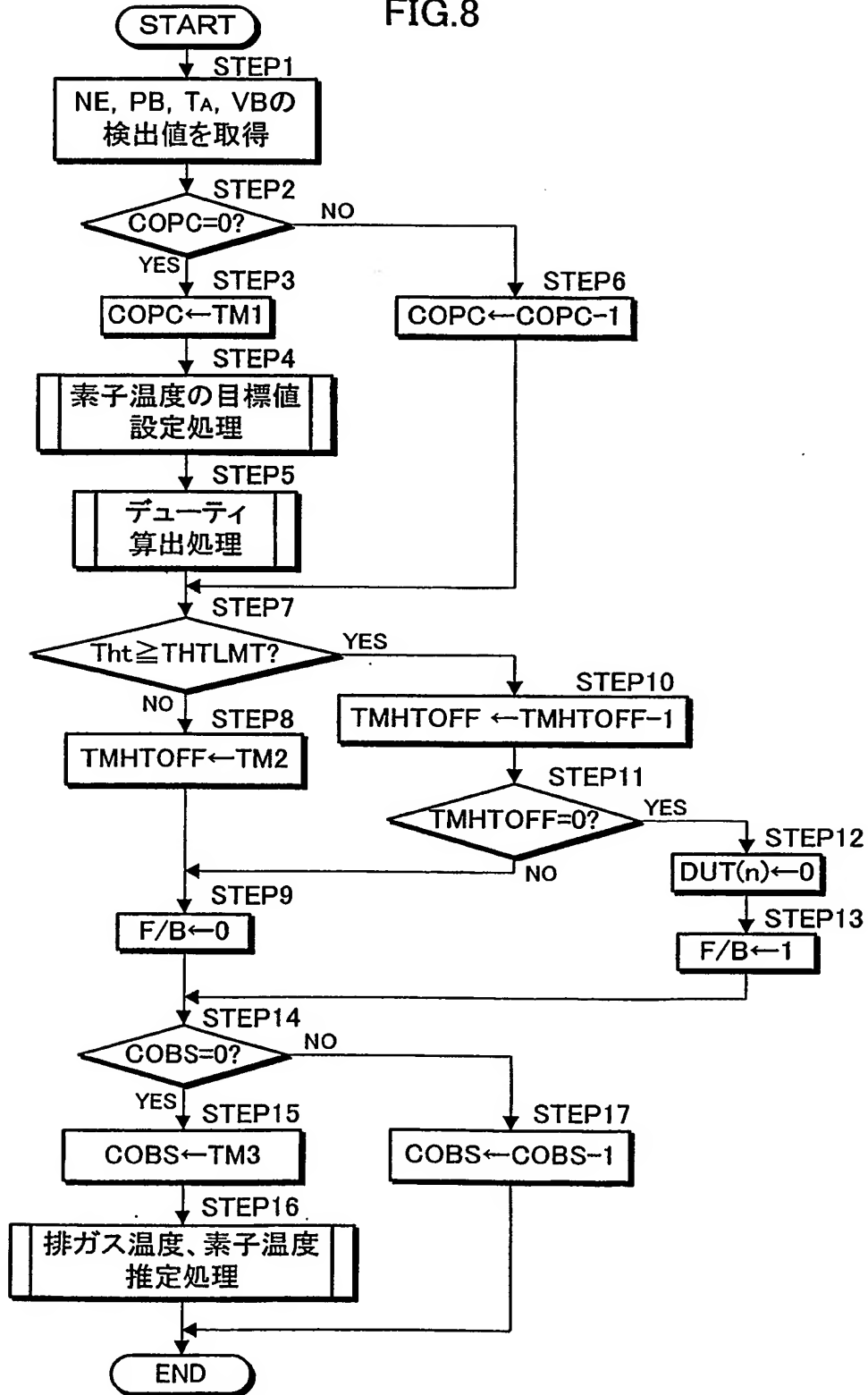


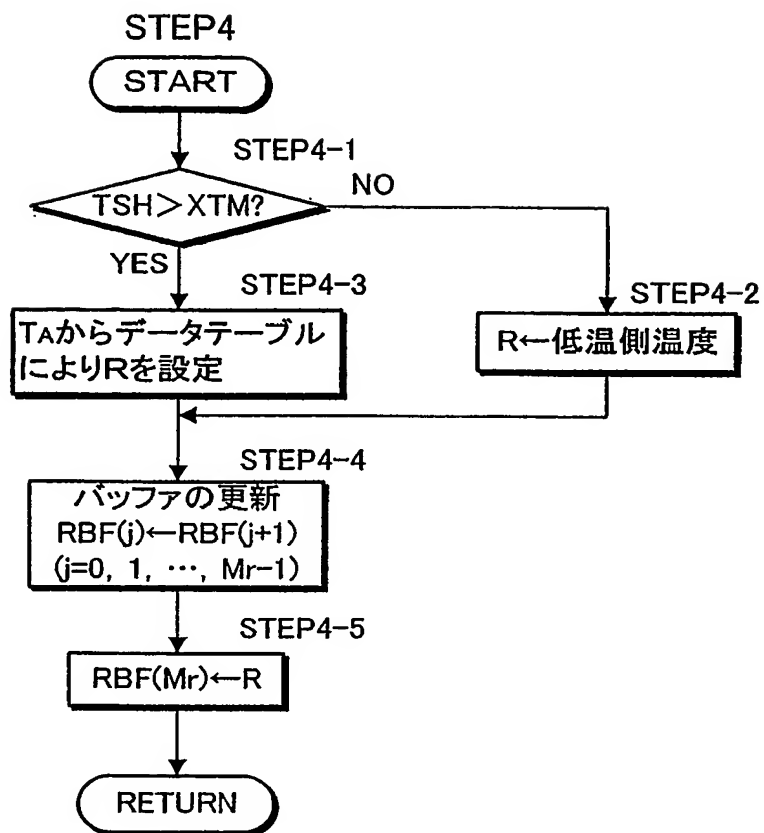
FIG.7 22(ヒータコントローラ)



8/13
FIG.8

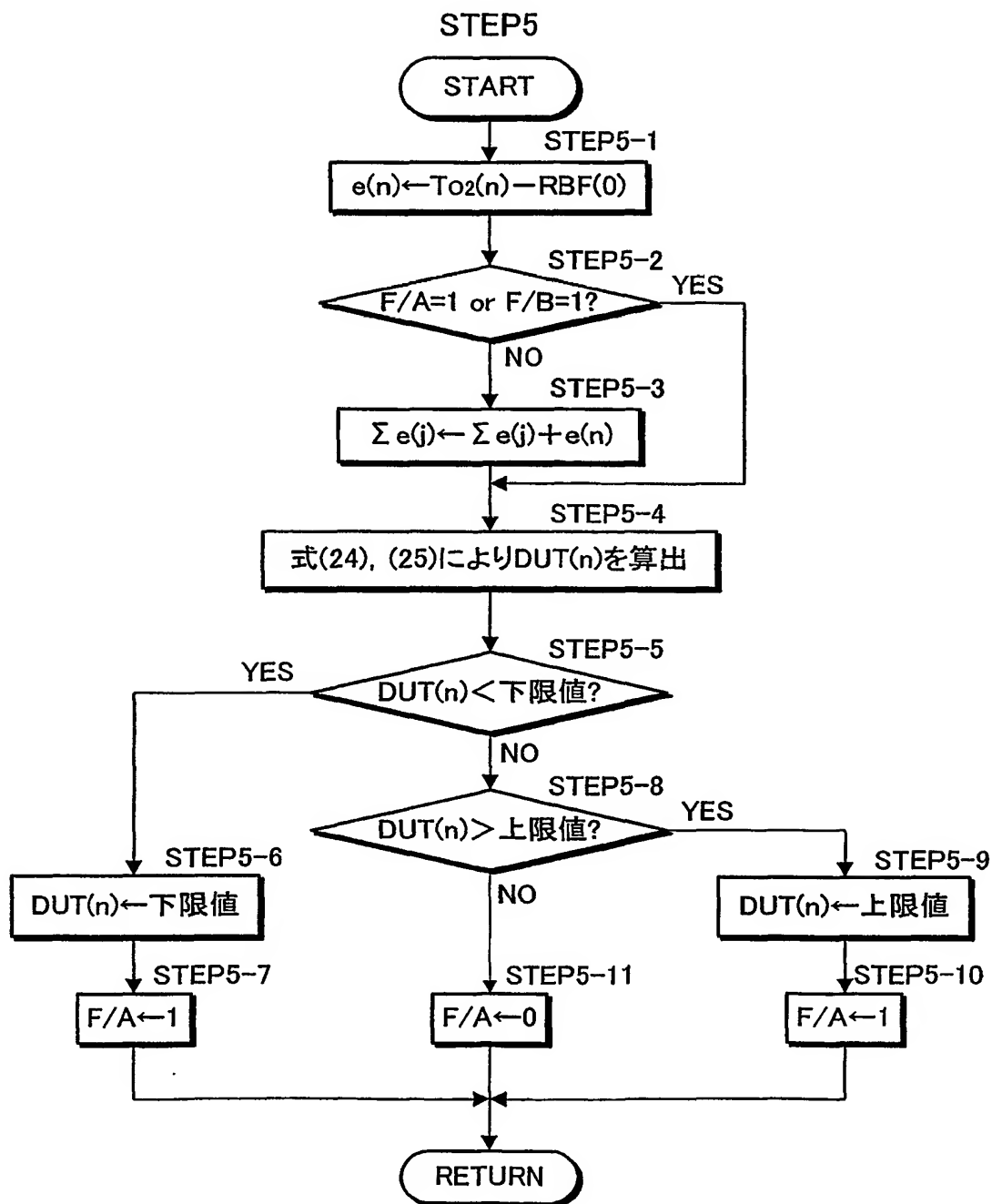
9/13

FIG.9



10/13

FIG.10



11/13

FIG.11

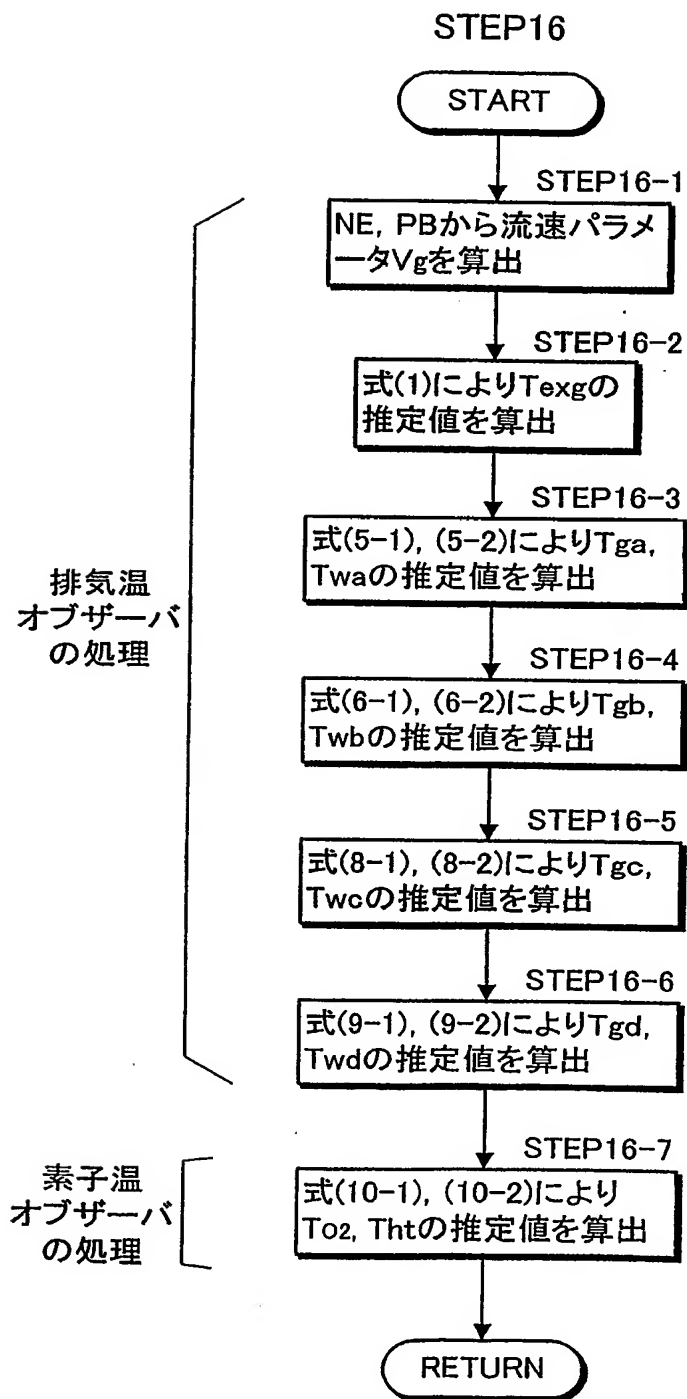


FIG.12

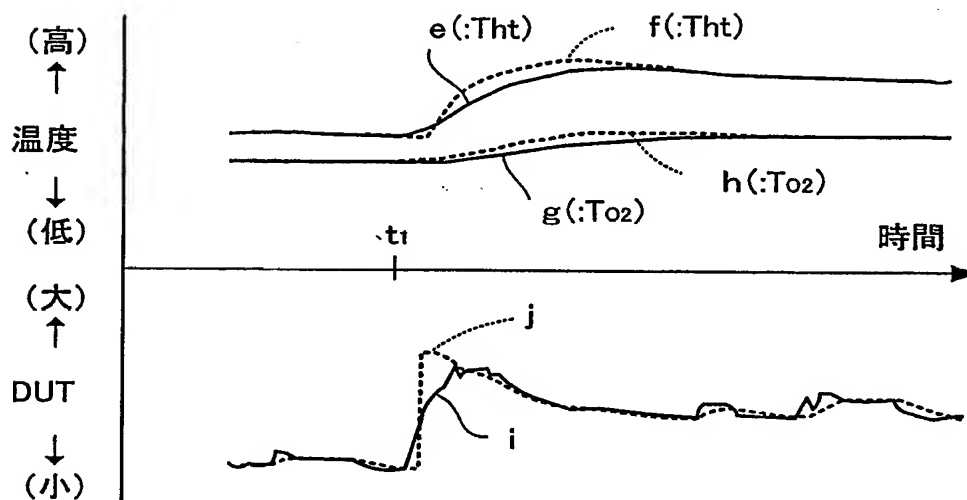
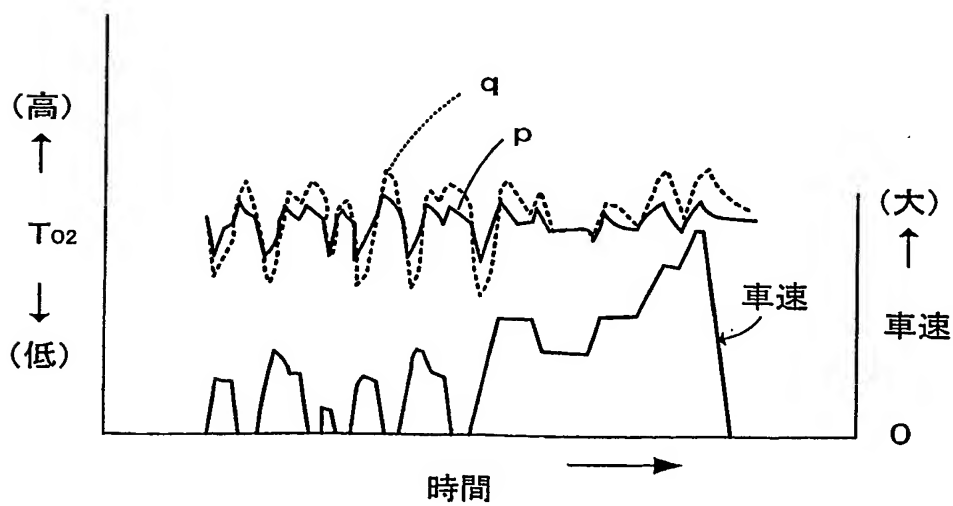
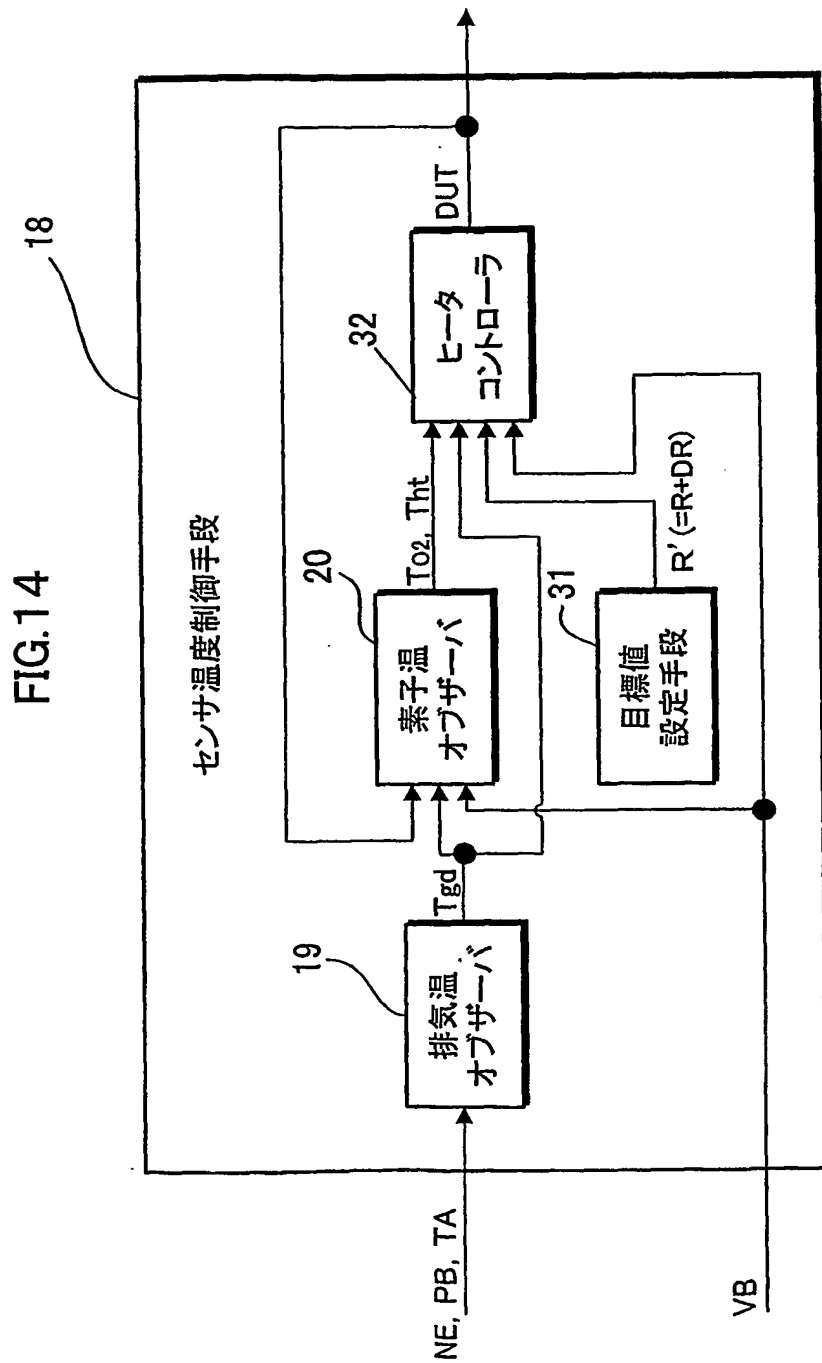


FIG.13





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

JP03/03956

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01N27/409, 27/419, 27/41, F02D41/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01N27/409, 27/419, 27/41, F02D41/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 1-172745 A (Honda Motor Co., Ltd.), 07 July, 1989 (07.07.89), Full text; all drawings (Family: none)	1-114
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 72561/1983 (Laid-open No. 72561/1985) (Nissan Motor Co., Ltd.), 22 May, 1985 (22.05.85), Full text; all drawings (Family: none)	1-114



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
30 June, 2003 (30.06.03)Date of mailing of the international search report
22 July, 2003 (22.07.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP03/03956

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 119911/1984 (Laid-open No. 34469/1987) (Nissan Motor Co., Ltd.), 03 March, 1986 (03.03.86), Full text; all drawings (Family: none)	1-114
A	JP 2000-249677 A (Suzuki Motor Corp.), 14 September, 2000 (14.09.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-114
E,A	JP 2003-65999 A (Denso Corp.), 05 March, 2003 (05.03.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-114
A	JP 7-167830 A (Robert Bosch GmbH.), 04 July, 1995 (04.07.95), Full text; all drawings & DE 4106308 A1	1-114
A	JP 8-278279 A (Nippondenso Co., Ltd.), 22 October, 1996 (22.10.96), Full text; all drawings & EP 695983 A2 & US 5719778 A1 & KR 242812 B	1-114
A	JP 2003-97323 A (Hitachi, Ltd.), 03 April, 2003 (03.04.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-114
A	JP 2001-324469 A (Unisia Jecs Corp.), 22 November, 2001 (22.11.01), Full text; all drawings & DE 10124129 A & US 2002-8100 A1	1-114
A	JP 10-10074 A (Toyota Motor Corp.), 16 January, 1998 (16.01.98), Full text; all drawings & DE 19726601 A & US 5752493 A1	1-114
A	JP 2000-292407 A (Toyota Motor Corp.), 20 October, 2000 (20.10.00), Full text; all drawings & US 2002-3831 A1	1-114

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP03/03956

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

(See extra sheet.)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet (1)

The inventions of the claims are classified into ten groups of inventions listed below according to their technical features.

- I. Claims 1-4, 39-42, 77-80
- II. Claims 5-7, 43-45, 81-83
- III. Claims 8-9, 46-47, 84-85
- IV. Claims 10, 48, 86
- V. Claims 11-17, 49-55, 87-93
- VI. Claims 18-20, 56-59, 94-97
- VII. Claims 22-24, 60-62, 98-100
- VIII. Claims 25, 26; 63, 64; 101, 102
- IX. Claims 27, 65, 103
- X. Claims 28-38, 66-76, 104-114

The technical feature common to the ten groups of inventions is temperature control of an exhaust gas sensor disposed in an exhaust gas passage of an internal combustion engine and having an element part in contact with the exhaust gas flowing through the exhaust gas passage and a heater for heating the element part.

However, the international search has revealed that this common technical feature is not novel since it is disclosed in the documents cited in this international search report.

Consequently, the common feature is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, since it makes no contribution over the prior art.

Therefore, there is no feature common to all the claims.

Since there exists no other common feature which can be considered as a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, no technical relationship within the meaning of PCT Rule 13 between the different inventions can be seen.

Consequently, it appears that the ten groups of inventions I to X do not satisfy the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01N27/409、27/419、27/41、F02D41/14

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01N27/409、27/419、27/41、F02D41/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 1-172745 A(本田技研工業株式会社) 1989.07.07 全文、全図 (ファミリーなし)	1-114
A	日本国実用新案登録出願58-72561号 (日本国実用新案登録出願公開60-72561号) の願書に添付した明細書及び及び図面の内容を記録したマイクロフィルム (日産自動車株式会社) 1985.05.22 全文、全図 (ファミリーなし)	1-114

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30.06.03

国際調査報告の発送日

22.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

黒田 浩一

2 J

9 2 1 8

電話番号 03-3581-1101 内線 3251

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	日本国実用新案登録出願59-119911号 (日本国実用新案登録出願公開61-34469号) の願書に添付した明細書及び及び図面の内容を記録したマイクロフィルム (日産自動車株式会社) 1986. 03. 03 全文、全図 (ファミリーなし)	1-114
A	JP 2000-249677 A(スズキ株式会社) 2000. 09. 14 全文、全図 (ファミリーなし)	1-114
E, A	JP 2003-65999 A(株式会社デンソー) 2003. 03. 05 全文、全図 (ファミリーなし)	1-114
A	JP 7-167830 A(ローベルト ボッシュ ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング) 1995. 07. 04 全文、全図 & DE 4106308 A1	1-114
A	JP 8-278279 A(日本電装株式会社) 1996. 10. 22 全文、全図 & EP 695983 A2 & US 5719778 A1 & KR 242812 B	1-114
A	JP 2003-97323 A(株式会社日立製作所) 2003. 04. 03 全文、全図 (ファミリーなし)	1-114
A	JP 2001-324469 A(株式会社ユニシアジェックス) 2001. 11. 22 全文、全図 & DE 10124129 A & US 2002-8100 A1	1-114
A	JP 10-10074 A(トヨタ自動車株式会社) 1998. 01. 16 全文、全図 & DE 19726601 A & US 5752493 A1	1-114
A	JP 2000-292407 A(トヨタ自動車株式会社) 2000. 10. 20 全文、全図 & US 2002-3831 A1	1-114

第 I 欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第 1 ページの 2 の続き)

法第 8 条第 3 項 (PCT 17 条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であって PCT 規則 6.4(a) の第 2 文及び第 3 文の規定に従って記載されていない。

第 II 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 3 の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

別紙参照

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

第II欄の続き

請求の範囲に記載の発明はその技術的特徴から、以下の10の発明群に分類されると認める。

- I. 請求の範囲1-4、39-42、77-80
- II. 請求の範囲5-7、43-45、81-83
- III. 請求の範囲8-9、46-47、84-85
- IV. 請求の範囲10、48、86
- V. 請求の範囲11-17、49-55、87-93
- VI. 請求の範囲18-20、56-59、94-97
- VII. 請求の範囲22-24、60-62、98-100
- VIII. 請求の範囲25-26、63-64、101-102
- IX. 請求の範囲27、65、103
- X. 請求の範囲28-38、66-76、104-114

上記10の発明群に共通の技術的事項は、内燃機関の排気通路に配置され、該排気通路を流れる排ガスに接触する素子部と該素子部を加熱するヒータとを有する排ガスセンサの温度制御である。

しかしながら、調査の結果、この共通の技術的事項は、この国際調査報告で引用したいずれの文献にも開示されているから、新規でないことが明らかとなった。

結果として、上記共通の技術的事項は、先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味において、この共通事項は特別な技術的特徴ではない。

それ故、上記発明群全てに共通の技術的事項はない。

PCT規則13.2の第2文の意味において特別な技術的特徴と考えられる他の共通事項は存在しないので、それらの相違する発明群の間にPCT規則13の意味における技術的関連を見いだすことはできない。

よって、上記I-Xの10の発明群は、相互に発明の単一性を満たしていないことが明らかである。